Die

Perigenesis der Plastidule.



Die

Perigenesis der Plastidule

oder die

Wellenzeugung der Lebenstheilchen.

Ein Versuch zur mechanischen Erklärung der elementaren Entwickelungs-Vorgänge.

Von

Ernst Haeckel

Dr. phil. et med.

Ordentlichem Professor der Zoologie und Director des zoologischen Instituts an der Universität Jena.

Mit einer Tafel.



Berlin.

Verlag von Georg Reimer.

1876.

Dem

hochverdienten

Curator der Universität Jena

Herrn Geheimen Staatsrath

Dr. MORITZ SEEBECK

widmet diese Schrift am Tage der

fünfundzwanzigjährigen Jubelfeier

seiner erfolgreichen Amtsthätigkeit,

am 9. Mai 1876,

in vorzüglicher Verehrung

der Verfasser.

Seit einem Decennium macht sich in der Naturwissenschaft mit stetig wachsender Kraft eine philosophische Bewegung geltend, deren Wellen immer weitere Kreise erregen und im Reiche der Philosophie eine entsprechende naturwissenschaftliche Strömung erzeugt haben. Je gewaltiger einerseits die Masse neuer Entdeckungen anwächst, welche der emsige Fleiss zahlreicher Beobachter auf allen Gebietstheilen der Naturwissenschaft zusammenhäuft, desto stärker empfinden alle denkenden Naturforscher das Bedürfniss, einheitliche philosophische Gesichtspunkte für deren Verständniss zu gewinnen und von der Kenntniss der Thatsachen zur Erkenntniss der Ursachen emporzusteigen. Je weniger anderseits die zahlreichen, der Empirie feindlich gegenüberstehenden Systeme der metaphysischen Speculation einen bleibenden Erfolg erringen konnten, desto mehr drängt sich den weiter blickenden Philosophen die Ueberzeugung auf, dass nur auf der sicheren Basis jener empirischen Errungenschaften ein dauerhaftes System der Erkenntniss errichtet werden kann, und dass dabei noth-

wendig die Kenntniss der Thatsachen der Erkenntniss ihrer Ursachen vorausgehen muss.

Unter den mancherlei Umständen, welche diese erfreuliche Annäherung der Philosophie und der Naturwissenschaft herbeigeführt und begünstigt haben, ist unstreitig am wichtigsten die Umgestaltung der Entwickelungslehre, zu welcher *Charles Darwin* durch sein epochemachendes Werk „über die Entstehung der Arten“ den ersten Anstoss gab. Wenn dieser grosse Naturforscher es auch vorsichtig vermied, seiner Selections-Theorie und der dadurch reformirten Descendenz-Theorie das Gewand eines philosophischen Systems zu geben und die damit verbundenen Consequenzen zu ziehen, so kann doch kein tiefer Blickender mehr zweifeln, dass der beispiellose Erfolg von *Darwin's* Schriften nicht in dem ungeheuren Reichthum der zusammengestellten empirischen Thatsachen, sondern in deren geistvoller Erklärung und Verknüpfung durch das gemeinsame Band der Entwickelungs-Theorie liegt. Diese einheitliche Erklärung der verschiedenartigsten Erscheinungen ist aber eine philosophische That.

Den ersten umfassenden Versuch, die philosophischen Grundgedanken der neu erstandenen Entwickelungslehre systematisch auszubilden, und insbesondere die Wissenschaft von den organischen Formen durch die Descendenz-Theorie mechanisch zu begründen, unternahm ich vor zehn Jahren in meiner „generellen Morphologie der Organismen“. Wie verfehlt und übereilt dieser Versuch in vieler Beziehung auch war, so haben sich doch manche darin niedergelegte neue Vorstellungen inzwischen als naturgemäss und fruchtbar erwiesen. Das scheint mir namentlich von meiner Auf-

fassung der beiden Hauptzweige der organischen Entwickelungsgeschichte und des zwischen Beiden bestehenden ursächlichen Zusammenhanges zu gelten.

Bisher hatte man unter „Entwickelungsgeschichte“ schlechtweg nur diejenige der individuellen organischen Formen verstanden, die sogenannte „Embryologie“ und die „Metamorphologie“ (oder embryonale und postembryonale Entwickelungsgeschichte), die beide unter dem Begriffe der Keimesgeschichte oder Ontogenie zusammengefasst werden können. Aber diese Ontogenie ist nur ein Hauptzweig der Biogenie oder der allumfassenden „Entwickelungsgeschichte der Organismen.“

Als zweiter Hauptzweig steht ihr gegenüber die paläontologische Entwickelungsgeschichte der organischen Arten und Stämme, der Formen-Ketten welche im ununterbrochenen Zusammenhange ungezählter Generationen von Anbeginn des organischen Lebens auf unserem Planeten bis zur Gegenwart sich entwickelt haben. Diese Entwickelungsgeschichte der Generationsreihen, „Paläontologie und Genealogie“ umfassend, wird am besten kurz als Stammesgeschichte oder Phylogenie bezeichnet.

Keimesgeschichte und Stammesgeschichte, Ontogenie und Phylogenie, sind nach meiner Auffassung zwei Wissenschaften, welche in dem engsten und unmittelbarsten ursächlichen Zusammenhang stehen. Dass Beide sich in so verschiedenem Maasse entwickelten, dass die ältere Keimesgeschichte früher allein als die „eigentliche Entwickelungsgeschichte“ galt, während die jüngere Stammesgeschichte erst vor zehn Jahren zu selbständiger Geltung kam und selbst heute noch vielfach nicht anerkannt wird, das liegt

einerseits an der verschiedenartigen empirischen Methode, andererseits an den ungleichen theoretischen Ansprüchen beider Disciplinen. Denn die individuelle Entwickelung der Organismen, ihre Keimesentwickelung oder Ontogenesis, ist ein rascher Bildungsprocess, welcher in kürzester Zeit unter unseren Augen verläuft, und dessen äussere Erscheinungsreihe wir unmittelbar von Anfang bis zu Ende verfolgen können, meist innerhalb weniger Wochen oder Monate, selten in längerer Zeit. Schritt für Schritt, und Stufe für Stufe, können wir hier durch zusammenhängende Beobachtung die veränderliche Formenreihe erkennen, welche jedes einzelne Thier, jede einzelne Pflanze vom Ei bis zur Vollendung durchläuft. Hingegen ist die paläontologische Entwickelung der Organismen, ihre Stammesentwickelung oder Phylogenesis, ein langsamer Bildungsprocess, der ungeheuere Zeiträume erfüllt, dessen einzelne Schritte nach Jahrtausenden, dessen wahrnehmbare Wegstrecken, geologischen Formationen entsprechend, nach Hunderttausenden und Millionen von Jahren zu bemessen sind. Der Unterschied zwischen einer Secunden-Uhr, deren Zeiger seinen Kreislauf innerhalb einer Minute, und einer Jahres-Uhr, deren Zeiger den seinigen im Verlauf von 365 Tagen vollendet, ist nicht so gross, wie die Differenz zwischen dem athemlosen Geschwindschritt der Keimesgeschichte und dem kaum wahrnehmbaren Dahinschleichen der Stammesgeschichte. Was aber noch viel mehr ins Gewicht fällt, das ist die mangelhafte empirische Basis der letzteren. Die paläontologische „Schöpfungsurkunde", welche uns unmittelbar in der Reihenfolge der Versteinerungen die Bilder-Gallerie der ausgestorbenen

Vorfahren unserer heutigen Organismen aufdecken sollte, ist aus bekannten Gründen im höchsten Maasse unvollständig und lückenhaft. Sie würde uns selbst in ihren sehr wichtigen Rest-Fragmenten kaum verständlich sein, wenn wir nicht zu ihrer Ergänzung und Ausfüllung zwei andere, höchst werthvolle Urkunden besässen: Die vergleichende Anatomie und Ontogenie. Welche hohe Bedeutung hier insbesondere der „vergleichenden Anatomie“ zukommt, hat vor Allen *Carl Gegenbaur* in seinen mustergültigen Arbeiten gezeigt. Durch die gründliche Kenntniss, die denkende Vergleichung und die kritische Benutzung dieser drei wichtigsten „Schöpfungs-Urkunden“, der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Paläontologie, wird es uns möglich, die Grundzüge der Phylogenie oder Stammesgeschichte zu erkennen.

Von der höchsten Wichtigkeit dafür ist vor Allem der unmittelbare Causal-Nexus zwischen Ontogenie und Phylogenie. Dieser bedeutungsvolle ursächliche Zusammenhang, den schon die ältere Naturphilosophie vor einem halben Jahrhundert ahnte, und den nächst *Darwin* vor Allen *Fritz Müller* betonte, lässt sich in folgendem Satze formuliren: „Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus während seiner Entwickelung von der Eizelle an bis zu seinem ausgebildeten Zustande durchläuft, ist eine kurze gedrängte Wiederholung der langen Formenreihe, welche die thierischen Vorfahren desselben Organismus, oder die Stammformen seiner Art von den ältesten Zeiten der sogenannten organischen Schöpfung an bis auf die Gegenwart durchlaufen haben.“ (Vergl. die gen. Morphol., Bd. II., S. 295—300. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. VIII., S. 5; Bd. IX., S. 409; Bd. X., Suppl., S. 77.)

Mit anderen Worten: „Die Keimesentwickelung ist ein Auszug der Stammesentwickelung; um so vollständiger, je mehr durch Vererbung die Auszugs-Entwickelung oder Palingenesis beibehalten wird; um so weniger vollständig, je mehr durch Anpassung die Fälschungs-Entwickelung oder Cenogenesis eingeführt wird."

Wie dieses biogenetische Grundgesetz der wahre Ariadne-Faden ist, der uns durch das verschlungene Labyrinth der Stammesgeschichte leitet, das glaube ich in meiner Gastraea-Theorie an dem Beispiele der Gastrula für das ganze Thierreich gezeigt zu haben. In meiner Monographie der Kalkschwämme habe ich dasselbe für sämmtliche stammverwandte Formen dieser kleinen Thiergruppe auf das genaueste im Einzelnen nachgewiesen, und in meiner Anthropogenie an dem besonderen Beispiele der Entwickelungsgeschichte des Menschen nachzuweisen versucht. Alle Vorgänge in der Keimesgeschichte sind entweder palingenetischer oder cenogenetischer Natur.

Nachdem nun die Vererbung als die bewirkende Ursache der Palingenesis, die Anpassung als die „causa efficiens" der Cenogenesis und Beide zusammen als die wesentlichen Factoren der Ontogenesis erwiesen waren, musste es als nächste Aufgabe erscheinen, die Vererbung und Anpassung selbst als physiologische Functionen der Organismen näher zu ergründen.

In der „generellen Morphologie" hatte ich die Vererbung mit der Fortpflanzung, die Anpassung mit der Ernährung in unmittelbaren physiologischen Zusammenhang gebracht und damit die Möglichkeit einer mechanischen Auffassung und einer physikalisch-chemischen Erklärung

auch für jene beiden wichtigsten „formbildenden Functionen“ der Organismen dargethan. Denn wenn die heutige Physiologie mit vollem Rechte dem Vitalismus und der Teleologie ihre Pforte verschliesst, wenn sie jede mystische und übernatürliche Action nach Art der „Lebenskraft“ verwirft und auf ihrem Gebiete nur physikalisch-chemische — oder in weiterem Sinne „mechanische“ — Kräfte wirken lässt, so muss sie auch für die beiden wichtigsten Lebensthätigkeiten der Formbildung, für die Vererbung und Anpassung, eine solche mechanische Erklärung suchen. Und wenn unser grosser kritischer Philosoph *Immanuel Kant* mit vollem Rechte an die Naturwissenschaft die Forderung stellt, überall mechanische Ursachen (causae efficientes) an die Stelle der zweckthätigen Ursachen (causae finales) zu setzen; wenn *Kant* ferner behauptet, dass der Mechanismus allein eine wirkliche Erklärung der Erscheinungen einschliesse, und dass es „ohne das Princip des Mechanismus in der Natur überhaupt keine Naturwissenschaft geben könne“, so werden wir auch für unsere Entwickelungsgeschichte als echte Naturwissenschaft diesen monistischen Standpunkt als den allein berechtigten anerkennen und für die physikalischen Thatsachen der organischen Entwickelung auch nur nach mechanischen Ursachen suchen dürfen.

Nun hat aber die moderne Physiologie, der eigentlich diese Aufgabe zufällt, bis heute noch nicht den Versuch gewagt, die Vererbung und Anpassung in diesem Sinne wirklich in Angriff zu nehmen und die Elementar-Vorgänge in beiden physiologischen Functionen aufzusuchen. Einen einzigen derartigen Versuch hat bis jetzt nur *Charles Darwin* unternommen, als er 1868 seine „provisorische

Hypothese der Pangenesis“ aufstellte. Es geschah dies im zweiten Bande des werthvollen Werkes über „das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication“ (27. Capitel). In der kürzlich erschienenen zweiten Auflage dieses Werkes (1875) hat *Darwin* seine Pangenesis-Hypothese noch ausführlicher und mit einigen Modificationen vorgetragen, und ich gebe hier zunächst ihren Kern mit denselben Worten, mit denen sie ihr Begründer daselbst zusammenfasst (Vol. II. p. 369). „Es wird allgemein zugegeben, dass die Zellen oder Einheiten des Körpers sich durch Selbsttheilung oder Knospung vermehren, wobei sie dieselbe Natur beibehalten; und dass sie schliesslich in die verschiedenen Gewebe und Substanzen des Körpers verwandelt werden. Aber ausser diesen Vermehrungsweisen nehme ich an, dass die Einheiten (oder Zellen) kleine Körnchen abgeben, welche durch das ganze System (des Körpers) zerstreut werden; dass diese, wenn sie mit gehöriger Nahrung versorgt werden, sich durch Selbsttheilung vervielfältigen, und schliesslich zu Einheiten (oder Zellen) entwickelt werden, gleich denen, von denen sie ursprünglich abgeleitet sind. Diese Körnchen können „Keimchen“ (oder „Gemmules“) genannt werden. Sie sammeln sich aus allen Theilen des Körpers, um die Geschlechtselemente zusammenzusetzen, und ihre Entwickelung in der nächsten Generation bildet ein neues Wesen; aber sie sind gleicherweise auch fähig, in einem schlummernden Zustande an künftige Generationen überliefert und dann erst entwickelt zu werden. Ihre Entwickelung hängt ab von ihrer Vereinigung mit anderen. theilweise entwickelten oder entstehenden Zellen, welche ihnen im regelmässigen

Verlaufe des Wachsthums vorausgehen. Warum ich den Ausdruck „Vereinigung“ gebrauche, wird sich zeigen, wenn wir die directe Einwirkung des Pollens auf die Gewebe der Mutterpflanze erörtern. Es wird angenommen, dass Keimchen von jeder Einheit oder Zelle nicht blos während ihres erwachsenen Zustandes abgegeben werden, sondern auch während jedes Entwickelungszustandes eines jeden Organismus; aber nicht nothwendig während der fortgesetzten Existenz derselben Zelle. Endlich nehme ich an, dass die Keimchen in ihrem schlummernden Zustande eine gegenseitige Verwandtschaft zu einander haben, welche zu ihrer Anhäufung entweder zu Knospen oder zu Sexual-Elementen führt. Daher sind es nicht die Geschlechts-Organe oder die Knospen, welche neue Organismen erzeugen, sondern die Einheiten oder Zellen, aus denen jedes Individuum zusammengesetzt ist.“

Dies ist mit kurzen Worten die „Provisorische Hypothese der Pangenesis“ von *Charles Darwin.* Ihre ausführliche Auseinandersetzung und Begründung, ihre Anwendung auf die verschiedenen Haupterscheinungen der organischen Entwickelung und namentlich ihre Benutzung zur Erklärung der Vererbungs- und Anpassungs-Phänomene ist in dem Original-Werke selbst nachzusehen; einem Werke, welches durch die fleissige Zusammenstellung und kritische Sichtung eines unendlich reichen Beobachtungs-Materials, wie durch die geniale Auffassung und klare Darlegung desselben uns den grossen britischen Forscher in seiner ganzen Bedeutung zeigt.

Charles Darwin selbst hat seine „Hypothese der Pangenesis“ von Anfang an als eine provisorische bezeichnet,

als einen ersten Versuch, die Gesammtheit der organischen Entwickelungsprocesse auf ihre elementaren Ursachen zurückzuführen und sie so von einem einheitlichen causalen Gesichtspunkte aus zu erklären. Gleich seiner Selections-Theorie hat auch diese Pangenesis-Hypothese sofort das lebhafteste Interesse erweckt und von der einen Seite ebenso lebhaften Beifall, als von der anderen entschiedenen Widerspruch erfahren. Ich selbst habe in meinen bisherigen Arbeiten dieselbe nicht berührt und habe sowohl in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte und in der Anthropogenie, wie in meinen übrigen Beiträgen zur Entwickelungslehre bis heute die Pangenesis absichtlich mit Stillschweigen übergangen. Ich brauche wohl nicht hinzuzufügen, dass weder Mangel an Interesse noch an Hochachtung vor dem scharfsinnigen Autor mich zu diesem Stillschweigen veranlasst hat. Vielmehr liegt der wahre Grund desselben in Folgendem: von Anfang an, und sofort nachdem ich vor acht Jahren mit der Pangenesis bekannt geworden, habe ich mich in entschiedenem inneren Widerspruche mit derselben befunden; einem Antagonismus, der um so stärker und unüberwindlicher wurde, je mehr ich durch eingehendstes Nachdenken mich mit der Pangenesis zu befreunden und durch ihre Anwendung auf die verschiedensten Erscheinungen der Entwickelung ihre Brauchbarkeit zu erkennen suchte. Nun war ich aber stets und bin auch noch heute von viel zu hoher Verehrung für *Charles Darwin*, von viel zu aufrichtiger Bewunderung für seine leitenden Ideen erfüllt, als dass ich einer so umfassenden und grossartig angelegten Hypothese hätte entgegentreten und ihre Widerlegung versuchen mögen, ohne

irgend etwas Anderes an ihre Stelle setzen zu können. Wenn ich nun heute diesen Versuch hier wage, so geschieht es, weil einige, vor zehn Jahren in der „Generellen Morphologie“ niedergelegte Keime sich inzwischen zu einer eigenen Hypothese entwickelt haben, welche mir mehr innere Wahrscheinlichkeit als die Pangenesis zu besitzen scheint und von der ich selbst hoffen zu dürfen glaube, dass sie sich zum Range einer genetischen Molecular-Theorie wird ausbilden lassen. Ich bezeichne diese Hypothese als die „Perigenesis der Plastidule“ oder um eine möglichst entsprechende deutsche Bezeichnung zu versuchen, als die „Wellenzeugung der Lebenstheilchen.“

Um Missverständnisse zu vermeiden und der irrigen, gegen die Kohlenstofftheorie und gegen andere meiner theoretischen Speculationen geltend gemachten Ansicht vorzubeugen, dass ich ein neues „Dogma“ in die Naturwissenschaft einführen wolle, bemerke ich zum voraus, dass ich auch diese „Perigenesis der Plastidule“ zunächst nur als eine „provisorische Hypothese“ betrachte; wenngleich ich die Hoffnung hege, dass darin die Keime zu einer umfassenden Theorie liegen, von der aus vielleicht künftig die Gesammtheit der organischen Entwickelungs-Phänomene sich streng mechanisch, aus physikalisch-chemischen Elementar-Vorgängen wird erklären lassen. Zugleich erkläre ich mit Bezug auf *Charles Darwin*, meinen hochverehrten Freund und Meister, dass meine Opposition sich ausschliesslich auf seine „Pangenesis“ bezieht, während ich seine übrigen theoretischen Anschauungen — insbesondere sein eigenstes Werk, die Selectionstheorie mit

ihren Consequenzen — nach wie vor vollständig theile und nach Kräften vertrete. Diese Erklärung ist sicher überflüssig gegenüber *Darwin* selbst. Denn der grosse britische Naturforscher, der eine neue und unendlich fruchtbare Epoche der Biologie einleitete, und dem ich selbst die grösste Anregung für meine Arbeiten verdanke, ist viel zu fest von meiner aufrichtigen Dankbarkeit und treuen Hingebung überzeugt, als dass er durch meine Bekämpfung der Pangenesis und die Gegenüberstellung der Perigenesis irgendwie daran irre gemacht werden könnte. Dagegen erscheint diese Erklärung wohl geboten durch die Taktik zahlreicher Gegner der Descendenz-Theorie, welche jede, im Lager ihrer Anhänger auftretende Meinungsdifferenz mit Freuden als Zeichen ihrer inneren Unsicherheit begrüssen. Ich hebe daher nochmals ausdrücklich hervor, dass *Darwin*'s Selections-Theorie und die durch letztere neu begründete Descendenz-Theorie nach meiner Ueberzeugung unerschütterlich feststehen und durch die hier folgenden speculativen Erörterungen nicht im Mindesten bedroht werden. Hier handelt es sich blos um eine Hypothese zur mechanischen Erklärung der elementarsten Entwickelungs-Vorgänge. Mag die Pangenesis oder mag die Perigenesis richtig sein, oder mögen beide falsch sein, die Descendenz-Theorie von *Lamarck* und die Selections-Theorie von *Darwin* werden dadurch nicht im Geringsten erschüttert.

Zur Begründung unserer Perigenesis gehen wir von derjenigen Anschauung der organischen Welt aus, welche sich unmittelbar auf die Natur ihrer erkennbaren Elementartheile stützt und welche in der herrschenden Zellen-

Theorie ihren umfassendsten Ausdruck findet. Seitdem die Zellen-Theorie im Jahre 1838 hier in Jena durch den genialen Botaniker *Schleiden* für das Pflanzenreich begründet und im folgenden Jahre von *Schwann* auf das Thierreich ausgedehnt wurde, gilt dieselbe in der Botanik wie in der Zoologie, in der Morphologie wie in der Physiologie der Organismen mit vollem Rechte als die feste Basis und als der unerschütterliche Ausgangspunkt für jede elementare Untersuchung. Wie sehr auch der Begriff der „Zelle" in den seither verflossenen 38 Jahren sich veränderte, wie grossartig auch die Zellen-Theorie im Inneren überall ausgebaut und im Aeusseren erweitert wurde, ihr Grundgedanke ist unverändert derselbe geblieben und hat sich zu immer höherer Geltung erhoben. Dieser Grundgedanke liegt darin, dass wir die mikroskopischen Zellen als selbstständige Lebewesen, als physiologisch und morphologisch autonome Organismen anzusehen haben; *Brücke* hat sie deshalb passend als Elementar-Organismen bezeichnet, *Virchow* als Lebensheerde, *Darwin* als Lebenseinheiten; mit Beziehung auf die übergeordneten Stufen der organischen Individualität (Organ, Person Stock) habe ich sie in der generellen Morphologie als „Individuen erster Ordnung" unten an die Basis der anatomischen Individualitätslehre gestellt. Vor allen anderen Naturforschern hat *Rudolf Virchow* das bleibende Verdienst, in diesem Sinne die Zellenlehre nach allen Richtungen hin durchgeführt und durch seine „Cellular-Pathologie" der neueren Medicin die feste histologische Basis gegeben zu haben; und wenn ich selbst zum elementaren Ausbau der Entwickelungslehre Einiges beitragen

konnte, so danke ich es zum grossen Theile den cellularbiologischen Anschauungen, mit denen mich der Unterricht *Virchow*'s vor zwanzig Jahren in Würzburg durchdrungen hat. Seiner Anschauung folgend betrachte ich jeden höheren Organismus als eine organisirte sociale Einheit, als einen Staat, dessen Staatsbürger die einzelnen Zellen sind. Wie in jedem civilisirten Staate die einzelnen Staatsbürger zwar bis zu einem gewissen Grade selbstständig, aber zugleich durch die Arbeitstheilung von einander abhängig und den Gesetzen des Ganzen unterworfen sind, so geniessen auch im Körper jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze die zahllosen mikroskopischen Zellen zwar bis zu einem gewissen Grade ihre individuelle Selbstständigkeit, sind aber ebenso durch die Arbeitstheilung ungleichartig ausgebildet und von einander abhängig; zugleich werden sie durch die Gesetze des centralisirten Ganzen mehr oder minder beherrscht. Dieser vollkommen zutreffende und oft angewendete politische Vergleich ist kein entferntes Sinnbild, sondern beansprucht reale Geltung; die Zellen sind wirkliche Staatsbürger. Er kann auch noch weiter dahin ausgedehnt werden, dass wir den straffer centralisirten Thierkörper als eine Zellen-Monarchie, den weniger centralisirten Pflanzenorganismus als eine Zellen-Republik betrachten. Wie uns die vergleichende Staatswissenschaft in den gegenwärtig noch existirenden Staatenbildungen der Menschheit eine lange Reihe der aufsteigenden Vervollkommnung von den rohen Horden der Wilden bis zum höchst entwickelten Culturstaate vorführt, so zeigt uns auch die vergleichende Anatomie der Thiere und Pflanzen eine lange Stufenleiter

zunehmender Vervollkommnung im Zellen-Staate. Da treffen wir unten, auf der tiefsten Stufe der Association und Gemeindebildung der Zellen, die niederen Algen und Pilze, die Schwämme und Korallen, die mit ihrer geringen Arbeitstheilung und Centralisation sich nicht über den Rang roher Wildenhorden erhoben haben. Hingegen finden wir oben auf der Höhe der Entwickelung die gewaltige Zellen-Republik des Baumes, die bewunderungswürdige Zellen-Monarchie des Wirbelthieres, in welchen die mannigfaltige Ausbildung und Arbeitstheilung der constituirenden Zellen zur Entstehung der verschiedensten Organe Veranlassung gegeben hat, und in welchen die Coordination und Subordination der Stände, das Zusammenwirken für die Wohlfahrt des Ganzen, die Centralisation der Regierung, kurz mit einem Worte die „Organisation“, eine erstaunliche Höhe erreicht hat. Gewöhnlich nimmt man irrthümlich an, dieser grosse verwickelte Organismus mit seiner „zweckmässigen Einrichtung“ könne nur durch einen vorbedachten Schöpfungsplan ins Leben gerufen sein. Und doch hat sich dieser planvoll organisirte Zellenstaat im Laufe vieler Millionen Jahre ohne vorbedachten „Zweck“ ganz ebenso nothwendig durch das Zusammenwirken und die historische Ausbildung der constituirenden Zellen entwickelt, wie sich der menschliche Culturstaat im Laufe weniger Jahrtausende Schritt für Schritt durch die Wechselwirkung und die fortschreitende Arbeitstheilung der Staatsbürger entwickelt hat. Die Culturgeschichte der Menschheit erklärt uns die Organisationsgeschichte der vielzelligen Organismen.

Dieser politische Grundgedanke der Zellen-Theorie, von

dem das ganze Verständniss der Biologie abhängt, wird durch die Entwickelungsgeschichte gerechtfertigt. Jeder höhere und jeder niedere vielzellige Organismus entwickelt sich ursprünglich aus einer einzigen Zelle, aus der Eizelle; und wie wir diesen einzelligen Ursprung an jedem Individuum unmittelbar beobachten können, so dürfen wir ihn für jeden organischen Stamm, für jede Gruppe von stammverwandten Arten unbedenklich annehmen. Die empirisch nachgewiesene einzellige Keimform ist nach unserem biogenetischen Grundgesetze die Wiederholung einer entsprechenden, ausgestorbenen, unbekannten Stammform. Die Beschaffenheit solcher einzelligen Stammformen wird uns wieder vortrefflich erläutert durch die zahlreichen, heute noch lebenden einzelligen Organismen, z. B. die Amoeben, Flagellaten, Diatomeen u. s. w. Das sind wilde Einsiedler, die ihr freies, selbstständiges Leben als Einzelzelle beibehalten und sich nicht zur Association und Staatenbildung entschliessen können.

Festhaltend an diesem cellular-politischen Grundgedanken, der den eigentlichen Schwerpunkt für das Verständniss der Zellen-Theorie bildet, müssen wir nun die wichtigsten Wandelungen kurz berühren, welche die letztere in neuester Zeit erlitten hat. Als folgenschwerster Fortschritt ist da zunächst die Protoplasma-Theorie zu erwähnen, welche zuerst von *Ferdinand Cohn* 1850 aufgestellt, dann von *Max Schultze* 1861 weiter ausgebildet wurde und in England eine ähnliche Formulirung durch *Lionel Beale* 1862 erfuhr. Ausgehend von der Aehnlichkeit, welche unter dem Mikroskope die Structur des gewöhnlichen Pflanzengewebes auf dem Durchschnitte mit einer Bienen-

wabe zeigt, hatte man die selbstständigen aber dicht an einander liegenden Elementartheile des ersteren mit den Honigzellen der letzteren verglichen und danach eben „Zellen“ genannt. Hier wie dort schien die „Zelle“ ein geschlossenes, mit Flüssigkeit erfülltes Säckchen oder Bläschen zu sein. Bald aber zeigte es sich, dass bei sehr vielen Zellen eine äussere, feste, umschliessende Hülle, eine eigentliche Zellmembran, ganz fehlt; und dass die Zelle wesentlich nur aus dem weichen, nicht flüssigen, sondern festflüssigen „Zelleninhalte“, richtiger der eigentlichen „Zellsubstanz“ besteht. Diese Zellsubstanz wird bald ausschliesslich, bald zu ihrem wichtigsten Theile aus einem eiweissartigen Stoffe gebildet, welchen zuerst *Hugo Mohl* erkannte und als Protoplasma, als „das zuerst Gebildete“ bezeichnete. Das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz“ im engeren Sinne ist überall eine stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung von sehr verwickelter chemischer Zusammensetzung; sie befindet sich an der lebenden Zelle stets in einem weichen, festflüssigen Dichtigkeits- oder Aggregats-Zustande; was aber das Wichtigste ist, sie erscheint als der eigentliche Träger der Lebens-Erscheinungen, als der active Factor des Zellenlebens; das Protoplasma vollzieht die Functionen der Ernährung und Fortpflanzung, der Empfindung und Bewegung; das Protoplasma ist die eigentliche „Lebens-Substanz“, oder wie *Huxley* sagt: „die physikalische Basis des Lebens.“

Während so das Protoplasma oder „die lebendige Zellsubstanz“ in den Vordergrund der Zellen-Theorie trat, wurden durch diese primäre, active Lebens-Substanz bald alle anderen, noch im entwickelten Organismus be-

findlichen Gewebes-Elemente — insbesondere die Zellmembranen und die Intercellular-Substanzen — als secundäre accessorische Bestandtheile, als passive „Protoplasma-Producte" in den Hintergrund gedrängt. Nur ein einziger weiterer Bestandtheil machte davon eine wichtige Ausnahme, der schon von *Schleiden* und *Schwann* hervorgehobene Zellkern (Nucleus oder Cytoblastus): ein kleinerer, vom Protoplasma umschlossener Körper, welcher diesem in chemischer und physiologischer Beziehung zwar sehr nahe verwandt, aber doch wesentlich davon verschieden und morphologisch gesondert ist. Früher nur für einen unwesentlichen und oft fehlenden Zellbestandtheil gehalten, stellte sich der Zellkern immer mehr als ein allgemein verbreiteter und höchst wichtiger Zellbestandtheil heraus. Zuletzt ergab sich, dass jede echte Zelle entweder zeitlebens oder doch wenigstens in ihrer frühesten Jugend einen echten Zellkern besitzt und dass dieser mindestens für gewisse Vorgänge des Zellenlebens, insbesondere für die Zelltheilung, eine ebenso grosse oder grössere Bedeutung als das Protoplasma besitzt. Insbesondere haben uns die ausgezeichnet sorgfältigen Untersuchungen der neuesten Zeit von *Eduard Strasburger*, *Oscar Hertwig*, *Leopold Auerbach*, *Otto Bütschli* u. A. darüber die wichtigsten Aufschlüsse gegeben. Ist auch im Einzelnen die wichtige Rolle des Zellenkerns noch nicht ganz festgestellt, so bleibt jetzt doch so viel sicher, dass der Zellenkern mit und neben dem Protoplasma als wichtigster lebendiger Zellbestandtheil im Vordergrund des Zellenlebens steht. Es war daher vollkommen gerechtfertigt, wenn ich in der generellen Morphologie Nucleus und Protoplasma als die beiden wesent-

lichen, zum Begriff der Zelle unentbehrlichen Bestandtheile derselben bezeichnete, und sie als active Zellbestandtheile den passiven „Plasma-Producten" gegenüberstellte.

Ein weiterer Fortschritt in unserer Erkenntniss der Elementar-Organe wurde durch die Entdeckung der Moneren herbeigeführt. Im Jahre 1864 beobachtete ich im Mittelmeer bei Nizza zum ersten Male einen einfachsten Organismus, dessen ganzer Körper nicht blos während seiner Entwickelung, sondern auch in vollkommen entwickeltem und frei beweglichem Zustande aus einem homogenen und structurlosen Stückchen Protoplasma ohne Kern und ohne alle differenten Formtheile bestand. Dieser „Protogenes primordialis" führte also zum ersten Male den Beweis, dass es noch einfachere Organismen, als die einzelligen giebt: Lebewesen, deren Körper noch nicht einmal den Formwerth einer einfachsten Zelle erreicht, sondern in sich so gleichartig und homogen erscheint, wie ein Krystall. Schon im folgenden Jahre (1865) wurden zwei ähnliche Organismen von *Cienkowski* im Süsswasser entdeckt und als Vampyrella und Monas (richtiger: Protomonas) beschrieben. Ich fasste darauf in der generellen Morphologie (Bd. I. S. 133; Bd. II. S. 22) diese niedersten Lebewesen, bei denen uns der lebendige Organismus „nicht nur unter der einfachsten wirklich beobachteten Form, sondern auch unter der einfachsten überhaupt denkbaren Form entgegentritt,", unter dem Namen Moneren (oder „Einfache") zusammen, und wies auf die hohe Bedeutung hin, welche denselben gegenüber allen anderen Organismen zukommt. Alle anderen Lebewesen, alle Thiere und Pflanzen, und auch alle neutralen Protisten sind aus ver-

schiedenartigen Bestandtheilen zusammengesetzt: selbst die einfachsten von ihnen, die einzelligen Formen, bestehen mindestens aus zwei verschiedenen Theilen, aus dem Protoplasma und dem davon umschlossenen Zellkern. Einzig und allein die Moneren entbehren einer solchen Zusammensetzung vollständig; ihr protoplasmatischer Körper, ein einfachstes lebendiges Schleimkügelchen, hat es noch nicht einmal zur Bildung eines Nucleus gebracht; sie sind in Wahrheit „Organismen ohne Organe.“ Alle Functionen des Lebens, Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung, werden von diesen Moneren ausgeführt, ohne dass irgend welche verschiedenen Theile für diese verschiedenen Thätigkeiten gesondert sind. Jedes Theilchen kann Alles leisten, was das Ganze leistet. Mithin ist hier, wie beim Krystall, jedes kleinste Theilchen der homogenen chemischen Verbindung, jedes Molekül in physiologischer oder physikalisch-chemischer Beziehung gleich dem ganzen Körper. Daher stehen auch die Moneren auf der Grenze zwischen organischer und anorganischer, zwischen sogenannter „lebendiger und todter Natur.“ Daher können sie allein uns auch eine Vorstellung davon geben, wie ursprünglich die erstere aus der letzteren entstanden ist, sie allein können uns das grosse Problem der Entstehung des Lebens lösen. Nur Moneren konnten ursprünglich durch Selbstzeugung oder Autogonie aus anorganischer Materie entstehen (Gen. Morph. V. Capitel).

Die ausserordentlich hohe morphologische und physiologische Bedeutung, welche demgemäss den Moneren zukommt und welche ich schon 1866 in der generellen Morphologie hervorgehoben hatte, führte ich dann weiter

aus in meiner Monographie der Moneren und den daran sich anschliessenden Beiträgen zur Plastiden-Theorie (1868). Besondere Veranlassung dazu gaben mir weitere Beobachtungen über einige neue Moneren, welche ich 1867 an der Küste der canarischen Insel Lanzerote und an der Strasse von Gibraltar anzustellen Gelegenheit hatte. Auch einige Süsswasser-Moneren, welche in der Nähe von Jena leben, und welche später u. A. von *Kleinenberg* untersucht wurden, lieferten weitere Beiträge zur Naturgeschichte dieser einfachsten Organismen. Als merkwürdigstes und wichtigstes von Allen trat dann die Moneren-Masse des Tiefseegrunds hinzu, welche *Huxley* 1868 unter dem Namen Bathybius beschrieb und welche neuerdings wieder (1874) von *Bessels* auf dem Tiefseegrunde des Nordpolar-Meeres, an der Küste von Grönland, lebend beobachtet und mit Bezug auf seine rhizopodenartigen Bewegungen untersucht wurde. Bei den früher beobachteten Moneren erscheint die gleichartige und formlose Protoplasma-Substanz des Körpers meistens in der Weise individualisirt, dass die einzelnen Klumpen derselben ein bestimmtes Grössenmaass durch Wachsthum erreichen und erst, wenn dieses überschritten wird, durch Theilung in zwei oder mehrere Stücke zerfallen. Beim Bathybius hingegen ist noch nicht einmal dieser erste Anfang der Individuation zu bemerken: sein weicher formloser Protoplasma-Leib, der in ungeheuren Massen die tiefsten Abgründe des Meeres bedeckt, erscheint noch nicht individualisirt; die einzelnen Stücke desselben scheinen keine bestimmte Grösse zu erreichen und je nach Umständen sich zu vermehren, d. h. sie zerfallen in beliebige Stücke von ungleicher Grösse, je nachdem das

Wachsthum an dieser oder an jener Anpassungs-Bedingung eine Grenze gefunden hat.

Schon in der generellen Morphologie hatte ich darauf hingewiesen, dass die Moneren (und ebenso auch die sogenannten „kernlosen Zellen", die anderweitig vorkommen und auf die wir gleich zurückkommen werden) in die Grenzen der bisherigen Zellen-Theorie nicht mehr hineinpassen und dass diese nothwendig einer entsprechenden Erweiterung bedürfe. Denn wenn man den Begriff der „Zelle" auch noch so sehr beschränken und aller accessorischen Nebendinge, aller unwesentlichen Accidenzen entkleiden will, so bleibt doch zuletzt immer noch die Zusammensetzung aus zweierlei Theilen von verschiedener morphologischer und physiologischer Bedeutung übrig: äussere Zellsubstanz und innerer Zellkern. Die Moneren aber kennen diese Differenz, diese erste Sonderung des Elementar-Organismus noch nicht. Ihr Körper ist also eigentlich weder echtes Protoplasma, noch echter Nucleus: vielmehr ist seine homogene Masse eine eiweissartige Substanz, welche Beider Eigenschaften in sich vereinigt. sie ist gleichzeitig Zellsubstanz und Zellkern; daher wird sie am zweckmässigsten als Lebensstoff oder Bildungsstoff, als Plasson oder Bioplasson bezeichnet. Alle sogenannten „kernlosen Zellen" aber, alle Elementar-Organismen, deren activer Körper gleich dem der Moneren blos aus Plasson besteht, müssen wir von den echten, kernhaltigen Zellen trennen und diesen als Cytoden gegenübersetzen.

Solche Cytoden kommen auch im Entwicklungskreise anderer Organismen vor. So hat namentlich *Eduard van Beneden* zuerst gezeigt, dass die Keime der einzelligen

Gregarinen in ihrer ersten Jugend ganz einfache Cytoden sind. Die Keimkügelchen derselben bestehen blos aus homogenem Plasson und erst nachträglich erfolgt die Sonderung oder Differenzirung, durch welche der innere Zellkern sich vom äusseren Zellstoff scheidet. Das „Bildende“ (Plasson) sondert oder differenzirt sich in das „Erstgebilde“ (Protoplasma) und das „Kerngebilde“ (Cytoblastus). Weit wichtiger und interessanter aber noch ist die bedeutungsvolle Thatsache, dass auch jeder höhere Organismus im Beginne seiner individuellen Entwicklung vorübergehend auf der Cytoden-Stufe sich befindet. Entweder schon vor der Befruchtung oder unmittelbar nach derselben verliert die weibliche Eizelle ihren Kern. Der Befruchtungsact selbst besteht in der Verschmelzung dieser „kernlosen Eizelle“ mit der männlichen Spermazelle oder Samenzelle. Auch der Kern der letzteren löst sich in der Mischung ganz oder doch grösstentheils auf. Das Product dieser Verschmelzung ist aber zunächst nicht eine echte Zelle, sondern eine Cytode. Da diese kernlose Cytode, mit der eigentlich erst der erzeugte Organismus seine individuelle Existenz beginnt, nach dem biogenetischen Grundgesetze eine durch Vererbung bedingte Wiederholung der uralten Moneren-Stammform ist, so habe ich diese entsprechende Keimform als „Monerula“ bezeichnet. Erst nachträglich sondert sich das Plasson dieser Monerula wieder in zwei verschiedene Substanzen; ein Theil der inneren Moleküle gestaltet sich zum Zellkern (Nucleus) und sondert sich von der umgebenden Zellsubstanz (Protoplasma): so entsteht aus der ersten Cytode die erste Zelle. Offenbar sind sowohl die Lebenserscheinungen jener selbst-

ständigen Moneren als auch diese ersten histologischen Sonderungs-Vorgänge bei der individuellen Entwickelung der höheren Organismen von fundamentaler Bedeutung. Ebenso die Physiologie wie die Morphologie, ebenso die Phylogenie wie die Ontogenie können daraus die wichtigsten Schlüsse ziehen. Denn sie zeigen uns erstens, wie das Leben anfänglich mit der Bildung einer homogenen, form- und structurlosen Masse beginnt, die in sich so gleichartig ist, wie ein Krystall; sie erläutern uns zweitens, wie eine solche Cytode trotz des Mangels aller Organe doch sämmtliche „Lebens-Erscheinungen": Ernährung und Fortpflanzung, Empfindung und Bewegung zu vollziehen im Stande ist; sie liefern uns damit drittens den klaren Beweis, dass das „Leben" auch im engeren Sinne nicht an einen bestimmt geformten und morphologisch gesonderten Körper mit verschiedenen Organen, sondern an eine formlose Substanz von bestimmter physikalischer Beschaffenheit und chemischer Zusammensetzung gebunden ist; und sie lehren uns viertens, wie eine solche, blos aus Plasson bestehende Cytode sich durch Sonderung von Kern und Protoplasma in eine echte „Zelle" verwandeln kann.

Für die Zellen-Theorie ergiebt sich daraus zunächst der wichtige Folgeschluss, dass die „Zelle" nicht, wie man gewöhnlich annahm, der einfachste, älteste und niederste Elementar-Organismus ist, sondern dass der echten, kernhaltigen „Zelle" die niedere, kernlose „Cytode" vorausgehen muss. Cytoden und Zellen sind die beiden Hauptformen der „Elementar-Organismen" oder „Lebenseinheiten." Mit der Cytode, blos aus Plasson bestehend, hat das organische Leben auf unserem Erdball begonnen: indem

sich aus diesem später Protoplasma und Nucleus sonderte, entstand die Zelle. Die Cytode ist die erste und niedere, die Zelle die zweite und höhere Form der Lebens-Einheit. Beide zusammen habe ich in der generellen Morphologie kurz als Bildnerinnen oder Plastiden bezeichnet; denn sie allein sind in Wahrheit die plastischen Künstlerinnen, welche durch ihre Thätigkeit das ganze wundervolle Gebäude des organischen Lebens errichten. Alle organischen Formen verdanken allein der bildenden Thätigkeit der mikroskopischen Plastiden ihre Existenz. So erweitert sich die Zellen-Theorie zur Plastiden-Theorie. (Vergleiche meine biologischen „Studien über Moneren und andere Protisten“. 1870.)

Wenn demnach jetzt der weitere Begriff der Plastide an die Stelle des engeren Zellenbegriffes tritt, und wenn somit das ganze geheimnissvolle Problem des „Lebens“ auf die elementare chemische Thätigkeit des Plasson zurückgeführt wird, so muss unsere nächste Aufgabe sein, eine möglichst erschöpfende Kenntniss von der Natur dieses wichtigsten „Lebensstoffes“, dieser wahren „physikalischen Lebens-Grundlage“ zu erlangen. Zunächst erscheint hier die Chemie berufen, uns Aufschlüsse über die quantitative Zusammensetzung und die qualitativen chemischen Eigenschaften des Plasson zu geben. Leider steht aber unsere chemische Kenntniss des Plasson in umgekehrtem Verhältniss zu seiner ausserordentlichen Bedeutung. Nicht, dass es an zahlreichen und emsigen Versuchen gefehlt hätte, die räthselhaft chemische Constitution der zahlreichen Modificationen des Plasson, des Protoplasma und des Nucleus zu entschleiern Aber die Schwierigkeiten, die sich

diesen Versuchen entgegenstellen, sind ganz ungewöhnliche und zum Theil unüberwindliche. Zunächst ist es schon unmöglich, irgend ansehnliche Quantitäten von Plasson in chemisch reinem Zustande zu isoliren und zu untersuchen, weil sowohl das einfache Plasson der Cytoden, als das Protoplasma und der Nucleus der Zellen mit anderen, von ihnen gebildeten Substanzen zu innig gemengt und in einzelnen kleinen Quantitäten überall zwischen die anderen Gewebstheile (z. B. Zell-Membranen, Intercellularsubstanzen) eingestreut und verwebt sind. Sodann sind aber auch die sämmtlichen Plasson-Modificationen in noch höherem Maasse, als die nächstverwandten übrigen Eiweisskörper, zersetzlich und veränderlich. Und was vor Allem in Betracht zu ziehen ist, die Modificationen und Varietäten der Plasson-Körper sind zwar unendlich zahlreich und mannigfaltig, schwanken aber doch innerhalb verhältnissmässig geringer Breitegrade in Bezug auf die quantitative Zusammensetzung. Die groben und rohen Erkenntnissmittel der heutigen Chemie sind der Lösung einer so feinen und schwierigen Aufgabe nicht entfernt gewachsen. Jene grenzenlose Variabilität aber, in Verbindung mit ihrer leichten Zersetzbarkeit und mit der Beweglichkeit der Atome in den Plasson-Molekülen, ist von der grössten Bedeutung für die Entwickelungslehre. Denn sie erklärt uns, wie das Plasson durch die unendlich mannigfaltigen physikalisch-chemischen Einwirkungen der Aussenwelt, die bei der Ernährung stattfinden, unendlich mannigfaltige leichte Abänderungen erleiden und demgemäss die verschiedensten organischen Formen hervorbringen kann.

Vom physiologisch-chemischen Gesichtspunkte aus ist es daher gestattet, die sämmtlichen Plasson-Körper als eine einzige grosse Gruppe nächstverwandter Verbindungen anzusehen und als Plasson-Gruppe zusammenzufassen. In dieser würden vielleicht zu unterscheiden sein: 1. das Archiplasson als die älteste, unmittelbar durch Autogonie ursprünglich entstandene „Lebenssubstanz“; 2. das Monoplasson als die Körpersubstanz der heute noch lebenden Cytoden, die wahrscheinlich von jenem Archiplasson mehr oder minder abweicht; 3. das Protoplasma oder die eigentliche „Zellsubstanz“ und 4. das Nuclein oder Coccoplasma, die Kernsubstanz, wie man die gesammte, chemisch differente, stoffliche Grundlage des Zellenkerns oder Nucleus nennen kann. Obwohl unter sich nächst verwandt und durch die innigsten Beziehungen verbunden, erscheinen dennoch Protoplasma und Coccoplasma wesentlich verschieden und besitzen charakteristische, zum Theil entgegengesetzte Eigenschaften, welche in dem Archiplasson und Monoplasson noch nicht gesondert sind.

Alles Wesentliche nun, was wir bisher von der Plasson-Gruppe wissen, lässt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen. Die Plasson-Gruppe bildet einen Theil der grösseren Gruppe der Eiweissstoffe (Protein-Körper oder Albuminate). Gleich den übrigen Eiweiss-Körpern sind auch die Plasson-Körper durch ausserordentlich verwickelte atomistische Zusammensetzung ausgezeichnet. Immer sind wenigstens fünf Elemente in jedem Molekül vereinigt und zwar durchschnittlich in folgender procentischer Zusammensetzung: 52—55 Procent Kohlenstoff,

6—7 Procent Wasserstoff. 15—17 Procent Stickstoff. 21—23 Procent Sauerstoff und 1—2 Procent Schwefel. Die Art und Weise, in welcher die Atome dieser Elemente in jedem Plasson-Molekül zur Bildung einer chemischen Einheit zusammentreten, ist offenbar eine höchst verwickelte und eigenthümliche, und steht in directem Causal-Zusammenhang mit den Lebenseigenschaften dieser wichtigsten Verbindung. Denn die Summe von physikalischen und chemischen Processen, welche wir mit einem Worte „Leben“ nennen, ist offenbar in letzter Instanz durch die Molecular-Structur des Plasson bedingt, und diese ist wiederum nach unserer Kohlenstoff-Theorie zurückzuführen auf die einzigen und höchst merkwürdigen Fähigkeiten des Kohlenstoffs, mit den anderen genannten Elementen die verwickeltsten und zersetzlichsten Verbindungen einzugehen. Mit vollem Rechte hat die neuere Chemie die gesammte Lehre von den sogenannten „organischen“ Stoffen oder die früher sogenannte „organische Chemie“ prägnant als „die Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen“ bezeichnet. Mit demselben Rechte aber betrachte ich die chemische und physikalische Natur des Kohlenstoffs als die letzte Ursache der Eigenthümlichkeiten, durch welche sich die Organismen von den Anorganen unterscheiden, oder mit einem Worte als den letzten Grund des „Lebens“. Wenn man diese „Kohlenstoff-Theorie“ als ein willkürliches und phantastisches Dogma verwirft, so leugnet man damit den Causal-Zusammenhang zwischen der chemischen Constitution des Plasson und den physikalischen Vorgängen, die wir mit einem Worte als dessen „Lebensthätigkeit“ bezeichnen.

Unter den physikalischen Eigenschaften des Plasson ist vor allen sein starkes Quellungs-Vermögen oder die Imbibitionskraft hervorzuheben, die Fähigkeit, Wasser in wechselnder und oft höchst beträchtlicher Quantität aufzunehmen und gleichmässig zwischen seinen Molekülen zu vertheilen. Daraus resultirt der eigenthümliche, weiche Dichtigkeitszustand aller lebenden Gewebe, den wir als den festflüssigen Aggregatzustand bezeichnen. Er erscheint als eine nothwendige Vorbedingung aller der verwickelten Molekularbewegungen, als deren Gesammtresultat das „Leben“ sich darstellt. Die Leichtigkeit, mit welcher das Plasson unter verschiedenen äusseren Existenz-Bedingungen Wasser und wässerige Lösungen aufnimmt und abgiebt, ist dabei von besonderer Bedeutung, und nicht minder die ausserordentliche Neigung der meisten Plasson-Arten, sich mit anderen Kohlenstoffverbindungen (z. B. mit Fetten) sowie mit Salzen zu vermengen. Offenbar beweisen diese und viele andere Eigenthümlichkeiten der Plasson-Gruppe, dass wir es hier mit Kohlenstoffverbindungen zu thun haben, deren Moleküle sich durch eine ganz ungewöhnliche Beweglichkeit und Unbeständigkeit, Zersetzbarkeit und vielseitige Wahlverwandtschaft vor allen anderen auszeichnen. Diese „Plasson-Moleküle“ sind es ja überhaupt, welche sich bei jeder tieferen Untersuchung jener elementaren Verhältnisse in den Vordergrund drängen und welche wir auch bei unserer Perigenesis als die eigentlichen activen Elementar-Factoren auf das Genaueste in's Auge zu fassen haben.

Die Plasson-Moleküle oder die Plastidule, wie wir sie mit *Elsberg* kurz bezeichnen wollen, besitzen zu-

nächst alle die Eigenschaften, welche die Physik den hypothetischen Molekülen oder den „zusammengesetzten Atomen“ überhaupt zuschreibt. Mithin ist ein jedes Plastidul nicht weiter in kleinere Plastidule zerlegbar, sondern kann nur noch in seine constituirenden Atome zerlegt werden, und zwar in Atome jener fünf vorher genannten Elemente. Die Plastidule sind wahrscheinlich stets von Wasserhüllen umgeben und die grössere oder geringere relative Dicke dieser Wasserhüllen, die zugleich die benachbarten Plastidule scheiden und verbinden, bedingt den weicheren oder festeren Zustand des gequollenen Plasson. Wahrscheinlich sind die Plastidule so klein, dass das kleinste Plasson-Stück, welches wir noch mit Hülfe unserer schärfsten Mikroskope erkennen können, ungeheure Mengen von Plastidulen enthält. Was vom ursprünglichen einfachen Plasson oder „Archiplasson“, das gilt natürlich auch im Allgemeinen von dem Protoplasma und dem Coccoplasma, welche durch Sonderung aus ersterem entstanden sind. Man kann der Kürze halber die Protoplasma-Moleküle als „Plasmodule“ und die Nucleus-Moleküle als „Coccodule“ bezeichnen. Dieselben physikalischen Eigenschaften und physiologischen Functionen, welche im homogenen Plasson der Cytoden die gleichartigen Plastidule zeigen, dieselben finden wir in den Zellen auf die Plasmodule und die Coccodule vertheilt. Die Plasmodule und Coccodule sind ja erst durch Sonderung oder Differenzirung aus den Plastidulen entstanden.

Ausser den allgemeinen physikalischen Eigenschaften, welche die heutige Physik und Chemie den Molekülen der Materie im Allgemeinen zuschreibt, besitzen nun die

Plastidule noch besondere Attribute, welche ihnen ausschliesslich eigenthümlich sind, und das sind, ganz allgemein gesagt, die Lebens-Eigenschaften, durch welche sich überhaupt das Lebendige vom Todten, das Organische vom Anorganischen in der hergebrachten Anschauung unterscheidet. Jede genauere und tiefer gehende Vergleichung der Organismen und der Anorgane, die sich auf die breite empirische Basis der neuerdings ermittelten Thatsachen stützt, vor Allem die unbefangene Vergleichung der Moneren und der Krystalle, lehrt uns nun aber, dass die Kluft zwischen diesen beiden Hauptgruppen von Naturkörpern viel geringer ist, als man gewöhnlich annimmt. Ich kann in dieser Beziehung auf die ausführliche Vergleichung der Organismen und Anorgane verweisen, welche ich im fünften Capitel der generellen Morphologie gegeben habe (Bd. I., S. 111—166). Viele Eigenschaften, welche die hergebrachte oberflächliche Naturauffassung nur den Organismen zuschreibt, kommen eben so gut auch den Anorganen zu und sind in der That Gemeingut aller Naturkörper — oder um uns genauer auszudrücken: Gemeingut aller Atome, aller der kleinsten discreten Körpertheilchen, welche die neuere Chemie einstimmig als die letzten Bestandtheile aller Körper betrachtet.

Gleichviel, wie im Einzelnen auch die Ansichten der Chemiker und Physiker über die Natur der Atome und des zwischen den Massen-Atomen befindlichen Aethers auseinander gehen, gewisse elementare Ansichten über ihre nothwendige Beschaffenheit haben heute allgemeine Geltung erlangt. Wir müssen darnach annehmen, dass die Atome kleinste discrete Massen-Theilchen von unver-

änderlicher Beschaffenheit und durch den hypothetischen Aether von einander getrennt sind. Jedes Atom besitzt eine inhärente Summe von Kraft und ist in diesem Sinne „beseelt.“ Ohne die Annahme einer „Atom-Seele“ sind die gewöhnlichsten und allgemeinsten Erscheinungen der Chemie unerklärlich. Lust und Unlust, Begierde und Abneigung, Anziehung und Abstossung müssen allen Massen-Atomen gemeinsam sein; denn die Bewegungen der Atome, die bei Bildung und Auflösung einer jeden chemischen Verbindung stattfinden müssen, sind nur erklärbar, wenn wir ihnen Empfindung und Willen beilegen. Worauf anders beruht denn im Grunde die allgemein angenommene chemische Lehre von der Wahlverwandtschaft der Körper, als auf der unbewussten Voraussetzung, dass in der That die sich anziehenden und abstossenden Atome von bestimmten Neigungen beseelt sind, und dass sie, diesen Empfindungen oder Trieben folgend, auch den Willen und die Fähigkeit besitzen, sich zu einander hin und von einander fort zu bewegen? Was *Goethe* in seinen „Wahlverwandtschaften“ über diese Verhältnisse sagt und von dem elementaren Seelenleben der Atome auf das höchst zusammengesetzte Seelenleben des Menschen überträgt, das besitzt volle Wahrheit; und wenn in diesem classischen Roman die „Wahlverwandtschaft“ als die eigentliche Triebfeder der menschlichen Handlungen und der aus ihnen zusammengesetzten „Weltgeschichte“ hingestellt wird, so ist damit von dem grossen Denker und Dichter in tiefsinnigster Weise die mechanische Natur auch der verwickeltsten organischen Processe treffend angedeutet.

Wenn der „Wille“ des Menschen und der höheren

Thiere frei erscheint, im Gegensatz zu dem „festen“ Willen der Atome, so ist das eine Täuschung, hervorgerufen durch die höchst verwickelte Willensbewegung der ersteren im Gegensatze zu der höchst einfachen Willensbewegung der letzteren. Die Atome wollen überall und jederzeit Dasselbe, weil ihre Neigung dem Atom jedes anderen Elementes gegenüber eine constante und unabänderlich bestimmte ist; jede ihrer Bewegungen ist daher determinirt. Hingegen erscheint die Neigung und willkürliche Bewegung der höheren Organismen frei und unabhängig, weil in dem unaufhörlichen Stoffwechsel derselben die Atome beständig ihre gegenseitige Lage und Verbindungsweise verändern, und daher das Gesammtresultat aus den zahllosen Willensbewegungen der constituirenden Atome ein höchst zusammengesetztes und unaufhörlich wechselndes ist. Daher sind wir „ein Spiel von jedem Druck der Luft“.

Indem wir so von dem mechanischen Standpunkte des Monismus aus alle Materie als beseelt, jedes Massen-Atom mit einer constanten und ewigen Atom-Seele ausgerüstet uns vorstellen, fürchten wir nicht den Vorwurf des Materialismus auf uns zu laden. Denn dieser unser monistischer Standpunkt ist ebenso weit von einseitigem Materialismus, wie von leerem Spiritualismus entfernt. Ja wir können in ihm allein die Versöhnung der rohen atomistischen und der inhaltsleeren dynamischen Weltanschauung finden, die sich bisher so heftig bekämpft haben und die in ihrer Einseitigkeit Beide dualistisch sind. Wie die Masse des Atoms unzerstörbar und unveränderlich, so ist auch die damit untrennbar verbundene Atom-Seele ewig und unsterblich. Vergänglich und sterb-

lich sind nur die zahllosen und ewig wechselnden Verbindungen der Atome, die unendlich mannigfaltigen Modalitäten, in denen sich die Atome zur Bildung von Molekülen, die Moleküle zur Bildung von Krystallen und Plastiden, die Plastiden zur Bildung von Organismen vereinigen. Diese monistische Auffassung der Atome allein ist in Einklang mit den grossen Gesetzen von der „Erhaltung der Kraft“ und von der „Erhaltung des Stoffes“, welche die Naturphilosophie der Gegenwart mit Recht als ihre unveräusserlichen Fundamente betrachtet.

Wenn wir demnach alle Materie als beseelt, jedes Atom mit Empfindung und Willen begabt uns vorstellen, so können wir diese beiden Eigenschaften nicht mehr, wie es gewöhnlich geschieht, als ausschliessliche Vorzüge der Organismen betrachten. Wir müssen also nach anderen Eigenschaften suchen, welche die Organismen von den Anorganen, die Plastidule von den übrigen Molekülen unterscheiden und welche das Wesen des „Lebens“ im engeren Sinne bilden. Als wichtigste dieser Eigenschaften erscheint uns die Fähigkeit der Reproduction oder des Gedächtnisses, welche bei jedem Entwickelungs-Vorgang und namentlich bei der Fortpflanzung der Organismen wirksam ist. Alle Plastidule besitzen Gedächtniss; diese Fähigkeit fehlt allen anderen Molekülen.

In einer ausgezeichneten, ebenso tief durchdachten als klar geschriebenen Abhandlung „über das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie“ hat 1870 *Ewald Hering* dieses wichtige Verhältniss so vortrefflich erörtert, dass wir hier auf eine eingehende Begründung desselben verzichten und uns einfach auf jene

Abhandlung beziehen können. In der That überzeugt uns jedes tiefere Nachdenken, dass ohne die Annahme eines unbewussten Gedächtnisses der lebenden Materie die wichtigsten Lebensfunctionen überhaupt unerklärbar sind. Das Vermögen der Vorstellung und Begriffbildung, des Denkens und Bewusstseins, der Uebung und Gewöhnung, der Ernährung und Fortpflanzung beruht auf der Function des unbewussten Gedächtnisses, dessen Thätigkeit unendlich viel bedeutungsvoller ist, als diejenige des bewussten Gedächtnisses. Mit Recht sagt *Hering*, „dass es das Gedächtniss ist, dem wir fast Alles verdanken, was wir sind und haben."

Nur in einem Punkte müssen wir von der Darstellung *Hering*'s abweichen oder vielmehr dieselbe schärfer begrenzen. Wir dürfen das Gedächtniss nicht als eine allgemeine Function aller organisirten Materie bezeichnen, sondern nur der wirklich lebenden, des Plasson. Alle Plasson-Producte, alle vom Protoplasma und vom Nucleus gebildeten, selbst aber nicht activ thätigen, organisirten Theile des Organismus entbehren des Gedächtnisses, eben so wie alle anorganischen Materien. Genau genommen ist also, unserer Plastiden-Theorie entsprechend, nur die Gruppe der Plasson-Körper mit Gedächtniss begabt: nur die Plastidule sind reproductiv, und dieses unbewusste Gedächtniss der Plastidule bedingt die charakteristische Molecularbewegung derselben.

Die Unterschiede, welche das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastidule zwischen Organismen und Anorganen bedingt, äussern sich zunächst in der verschiedenen Art ihres Wachsthums und diese ist offenbar

durch ihren differenten Aggregatzustand bedingt. Die Anorgane wachsen durch Apposition oder durch äussere Anlagerung der Moleküle, hingegen die Organismen durch Intussusception oder durch innere Einlagerung der Moleküle. Die vollkommenste anorganische Individualität, der Krystall, wächst, indem sich Theilchen an Theilchen äusserlich an den festen, schon bestehenden Krystallkörper ansetzt. Die unvollkommenste organische Individualität, das Moner, wächst, indem Theilchen für Theilchen von aussen in das Innere hineindringt und von dem festflüssigen Plassonkörper „assimilirt" wird. Diese Assimilation beruht darauf, dass zwischen den vorhandenen Plastidulen stets neue Plastidule aus den aufgenommenen Nährflüssigkeiten gebildet werden. Der festflüssige Aggregat-Zustand der organischen Materie ist die Vorbedingung dieses eigenthümlichen Wachsthums, und die Molecular-Structur der Kohlenstoff-Verbindungen ihre wahre Ursache. Dieses Wachsthum durch Intussusception, welches allen Organismen zukommt und allen Anorganen fehlt, erklärt auch zugleich die Ernährung und den Stoffwechsel, durch welches sich die ersteren von den letzteren unterscheiden. Dieses Wachsthum durch Intussusception bedingt endlich vor Allem diejenige „Lebens-Erscheinung", die als der wichtigste Factor der organischen Entwickelung sich geltend macht und die wir daher zunächst besonders betrachten müssen: Die Fortpflanzung und die damit zusammenhängende Vererbung.

Unstreitig ist es die Fortpflanzung, welche vor allen anderen Functionen die Organismen gegenüber den Anorganen charakterisirt. Denn durch die Fortpflanzung

allein, durch die Vererbung die wir nur als eine nothwendige und integrirende Theilerscheinung der Fortpflanzung betrachten, wird die Erhaltung der organischen Arten und Stämme möglich, die in der zusammenhängenden Kettenreihe der Generationen trotz des beständigen Wechsels der Individuen bestehen bleiben. Indem kein Anorgan der Fortpflanzung fähig ist, fehlt der anorganischen Natur überhaupt die Stammesgeschichte, die Phylogenie, welche die organische Welt charakterisirt. Die Fortpflanzungslehre oder die Gonologie ist daher der nothwendige Ausgangspunkt für das Verständniss der Phylogenie.

Was ist Fortpflanzung? Um zu einer richtigen Antwort auf diese wichtige Frage zu gelangen, müssen wir uns vor Allem der gewöhnlichen Anschauung entäussern, als ob die Verbindung der beiden Geschlechter der wichtigste und nothwendigste Vorgang der Fortpflanzung sei. Diese Anschauung, welche sich auf die gewöhnliche Fortpflanzungsweise der Personen beim Menschen und bei den höheren Thieren und Pflanzen gründet, erscheint vollkommen verkehrt, sobald wir an die unendlich häufigeren ungeschlechtlichen Fortpflanzungs - Processe denken, die überall und jederzeit bei der Vermehrung der Plastiden stattfinden. Im Grossen und Ganzen betrachtet, erscheint die geschlechtliche oder amphigone Fortpflanzung mit ihren sonderbaren Eigenthümlichkeiten nur als ein besonderer Fall unter der Menge von Vorgängen, welche wir als Fortpflanzung oder Elternzeugung zusammenfassen und welche zum bei weitem grössten Theile ungeschlechtlich erfolgen. Alle die zahllosen Milliarden von Zellen,

welche den Körper jedes höheren Thieres, jeder höheren Pflanze zusammensetzen, entstehen nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung, durch Theilung. Alle oder doch die Meisten von den zahlreichen einzelligen Wesen, die auf der Grenze von Thierreich und Pflanzenreich stehen, und die wir als Protisten zusammenfassen, vermehren sich nicht durch geschlechtliche, sondern durch ungeschlechtliche Zeugung. Aber auch viele höhere Thiere und Pflanzen, die sich der geschlechtlichen Zeugung erfreuen, vermehren sich daneben auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospenbildung, Sporenbildung. Bedenken wir, wie überall und jederzeit Unmassen von Plastiden zu Grunde gehen und von neuen, durch Theilung und Knospung entstandenen ersetzt werden, so liegt es auf der Hand, dass die ungeschlechtliche Fortpflanzung die allgemeine Regel und die geschlechtliche eine verhältnissmässig seltene Ausnahme bildet. Gewiss werden wir eher zu Wenig als zu Viel behaupten, wenn wir annehmen, dass durchschnittlich auf jeden einzelnen geschlechtlichen Zeugungs-Act in der Natur mehr als Tausend, wahrscheinlich mehr als eine Million ungeschlechtliche Zeugungs-Acte kommen.

Nun sind es aber gerade die einfachsten Formen der ungeschlechtlichen oder monogonen Fortpflanzung, vor allen die Theilung, demnächst die Knospenbildung, welche uns die klarsten Aufschlüsse über das Wesen der Fortpflanzung überhaupt geben und zum Verständniss der viel schwierigeren und verwickelteren geschlechtlichen Fortpflanzung hinführen. Von jenen einfachsten Formen der Monogonie ausgehend, finden wir auf unsere Frage die

einfachste Antwort: Fortpflanzung ist Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus. Wenn eine einfachste Plastide, ein homogenes Moner, bis zu einer gewissen Grösse herangewachsen ist, so zerfällt der structurlose Plasson-Körper bei fortdauerndem Wachsthum in zwei gleiche Hälften, weil die Cohaesion der Plastidule nicht mehr ausreicht, um die ganze Masse zusammenzuhalten.

Ebenso beruht jede gewöhnliche Zellentheilung wesentlich auf einem fortgesetzten Wachsthum über das individuelle Maass dieser Zelle hinaus. Die merkwürdigen Einzelheiten des Vorganges, durch den hier aus einer Mutterzelle zwei gleiche Tochterzellen entstehen, sind aber erst in neuester Zeit durch *Auerbach*, *Bütschli*, *Hertwig* und *Strasburger* gründlicher studirt worden. Dass in diesen Fällen die beiden unter sich gleichen Tochterzellen die Natur ihrer gemeinsamen Mutterzelle geerbt haben, erscheint selbstverständlich; denn sie sind ja gleiche Theilhälften derselben und die Molecular-Bewegung der Plastidule muss in den ersteren wesentlich dieselbe sein, wie in der letzteren. Die Vererbung erscheint hier als eine einfache und nothwendige Folge der Theilung; und zugleich offenbart sie hier den tiefsten Grund ihres Wesens: die Vererbung ist Uebertragung der Plastidul-Bewegung, Fortpflanzung der individuellen Molecular-Bewegung der Plastidule von der Mutter-Plastide auf die Tochter-Plastide.

Nun sind aber die Bedingungen, unter denen die beiden gleichen Theilhälften ihr individuelles Leben weiterführen, immer mehr oder weniger verschieden; insbesondere sind

die verwickelten Verhältnisse, welche der Kampf um's Dasein für die Plastiden ebenso wie für die ganzen vielzelligen Organismen bedingt, fast immer für jedes Individuum besondere. Indem diese besonderen Existenz-Bedingungen auf den elementaren Organismus einwirken, verändern sie seine ursprüngliche Ernährung und bewirken eine theilweise Abänderung der ursprünglichen Plastidul-Bewegung; diese Abänderung oder Variation nennen wir mit einem Worte: Anpassung. Die Anpassung ist Abänderung der Plastidul-Bewegung, in deren Folge die Plastide neue Eigenschaften erwirbt. Wenn nun späterhin die beiden, durch Theilung einer Plastide entstandenen Tochter-Plastiden wiederum herangewachsen sind und nach Ueberschreitung ihrer individuellen Wachsthumsgrenze abermals durch Theilung in je Zwei zerfallen, so werden diese vier Enkel schon nicht mehr so gleichartig sein, wie ihre beiden Mutter-Plastiden. Zwar werden sie von diesen noch den grössten Theil der Eigenschaften geerbt haben, welche Beide von der Grossmutter überkommen hatten. Daneben wird sich aber auch schon ein Theil der Eigenthümlichkeiten geltend machen, welche jede der beiden Mütter während ihres individuellen Lebens erworben hatte, und endlich wird jede der vier Enkelinnen selbst wieder neue Eigenheiten im Laufe ihrer individuellen Existenz erwerben. Wie gering und unbedeutend nun auch diese neuen Erwerbungen in jedem einzelnen Falle erscheinen mögen, so ist es doch klar, dass sie schliesslich in der langen Kette zahlreicher Generationen sich zu sehr beträchtlichen Abweichungen der Plastidul-Bewegung von derjenigen der ursprünglichen Stammform anhäufen und summiren können.

Die Vererbung der Abänderungen, auf welcher die ganze Stammes-Entwickelung beruht, äussert also schon im Plastiden-Leben ihre volle Wirksamkeit, und erzeugt eine unendliche Menge von individuell verschiedenen Plastidul-Bewegungen; und jede spätere Plastidul-Bewegung — oder mit anderen Worten das Leben jeder späteren Plastide, sei es Cytode oder Zelle — setzt sich demnach zusammen einerseits aus der überwiegenden Reihe der alten Plastidul-Bewegungen, welche durch Vererbung getreu von Generation zu Generation sich erhalten haben, andererseits aus einem geringen Antheil von neuen Plastidul-Bewegungen, welche durch Anpassung erworben wurden. (Vergl. die angehängte Tafel nebst Erklärung.) Alle diese Abänderungen der Plastidule sind natürlich durch Umlagerungen der Atome in denselben bedingt; und bei der unendlich verwickelten und mannichfaltigen atomistischen Zusammensetzung der Plastidule, bei ihrer ausserordentlichen Unbeständigkeit und Neigung zur Zersetzung wird sich hier der Anpassung ein unbeschränktes Feld zur Hervorbringung neuer Formen öffnen.

Indem wir so *Lamarck's* Lehre von der Vererbung der Abänderungen — dieser wichtigsten Voraussetzung von *Darwin's* Selections-Theorie — von den grossen vielzelligen Thieren und Pflanzen, an denen sie uns handgreiflich vor Augen tritt, auf die Plastiden (Cytoden und Zellen) und von diesen wiederum auf die sie zusammensetzenden Plastidule übertragen, machen wir natürlich auch für diese letzteren die Consequenzen geltend, welche für die ersteren sich aus der Selections-Theorie ergeben. Offenbar herrscht „der Kampf um's Dasein unter den Mole-

külen", den *Pfaundler* 1870 zuerst beleuchtete, im eigentlichsten Sinne und vor allen unter den activen Plastidulen. Diejenigen Plastidule, welche den äusseren Existenz-Bedingungen sich am besten anpassen, d. h. welche das von aussen eindringende flüssige Nahrungsmaterial am leichtesten aufnehmen und die dadurch bedingte Umlagerung ihrer Atome am bereitwilligsten vollziehen, werden natürlich die stärkste Assimilation ausüben und so bei der Fortpflanzung der Plastiden das Uebergewicht erlangen.

Die nächste Folge der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein ist die zunehmende Sonderung oder Differenzirung der Formen, welche *Darwin* als „Divergenz des Charakters" bezeichnet. Ihre bekannteste Form ist die Arbeitstheilung oder der Polymorphismus der Personen. Bekanntlich liefert die Arbeitstheilung im Menschenleben den wichtigsten Maassstab für die erreichte Culturstufe und dasselbe gilt von den merkwürdigen Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten u. s w. Ferner zeigt uns die vergleichende Anatomie, wie die physiologische „Vollkommenheit" oder die Entwickelungshöhe jedes höheren Thieres und jeder höheren Pflanze durch die Arbeitstheilung ihrer Organe bedingt ist. Die verwickelte Maschinerie, welche z. B. das höhere Wirbelthier mit seinen Nerven und Sinnesorganen, Muskeln und Knochen, Darm und Blutgefässen, Drüsen und Geschlechtsorganen bildet, ist durch die ausserordentlich weit vorgeschrittene, aber im Kampf um's Dasein stufenweis und langsam erworbene Arbeitstheilung dieser Organe und ihrer einzelnen Stücke bestimmt.

Nun beruht aber die Arbeitstheilung der Organe wiederum

auf derjenigen der Plastiden, der Cytoden und Zellen. Die verschiedenen Gewebe, welche jenen Organen ihre physiologischen Eigenthümlichkeiten verleihen, sind aus verschiedenen Zellenarten zusammengesetzt, aus Nervenzellen, Muskelzellen, Knochenzellen, Drüsenzellen, Darmzellen, Geschlechtszellen u. s. w. Wie alle diese verschiedenen Zellen-Species durch Arbeitstheilung aus einer einzigen, einfachen, ursprünglichen Zellenform phylogenetisch entstanden sind, das zeigt uns noch heute die individuelle Entwickelung jedes höheren Thier-Eies. Denn die befruchtete Eizelle zerfällt zunächst durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von ganz einfachen gleichartigen Zellen. Aus diesen „Morula-Zellen" gehen dann die beiden primären Keimblätter der Gastrula hervor, und diese Sonderung in zwei verschiedene Zellenschichten ist der erste Anfang der histologischen Arbeitstheilung. Indem dann die Zellen des äusseren Keimblattes oder die Exoderm-Zellen weiterhin in Hautzellen, Nervenzellen, Muskelzellen u. s. w. sich sondern, und indem aus den Zellen des inneren Keimblattes oder den Entoderm-Zellen durch Differenzirung die Darmzellen, Drüsenzellen u. s. w. entstehen, erfolgt die Gewebebildung oder die histologische Differenzirung, auf der die Ausbildung der verschiedenen Organe beruht. Aber die ontogenetische Arbeitstheilung der Zellen, wie wir sie so an jedem Thier-Ei Schritt für Schritt unter dem Mikroskop verfolgen können, ist nur die rasche, nach dem biogenetischen Grundgesetze erfolgende Wiederholung der langsamen phylogenetischen Gewebebildung, wie sie durch die active Arbeitstheilung der Zellen ursprünglich bedingt wurde.

Wie ist nun aber diese Arbeitstheilung der Plastiden möglich? Offenbar nur durch die bedingende Arbeitstheilung der Plastidule. Denn ganz in derselben Weise und ganz nach denselben Gesetzen, nach denen der Culturstaat durch die Arbeitstheilung der Staatsbürger, die hohe Organisation des menschlichen Körpers durch diejenige seiner Organe und diese wieder durch die Arbeitstheilung der sie zusammensetzenden Zellen bedingt ist, ganz in derselben Weise wird auch diese letztere durch die Arbeitstheilung der Plastidule bewirkt und ganz nach denselben Gesetzen ist auch diese durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung im Kampfe um's Dasein entstanden. Die morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten, durch welche jede Nervenzelle, jede Muskelzelle, jede Darmzelle u. s. w. als solche charakterisirt ist, sind einzig und allein dadurch bedingt, dass ihre constituirenden Plastidule sich mehr oder weniger gesondert oder differenzirt und so verschiedene Plasson-Arten hervorgebracht haben. Wie verwickelt und wie verschiedenartig aber auch die Molecular-Structur des Plasson und seine Verbindung mit verschiedenartigen Plasson-Producten in den genannten Zellen-Arten sein mag, dennoch stammen sie nachweislich alle von den gleichartigen Morula-Zellen ab, wie diese von der befruchteten Eizelle. Die phylogenetische ursprüngliche Arbeitstheilung der Plastidule wird so nach dem biogenetischen Grundgesetze noch heute in der ontogenetischen Differenzirung der Plastiden-Moleküle wiederholt.

Eine besondere Form dieser histologischen Arbeitstheilung verdient hier unsere nähere Beachtung: das ist die geschlechtliche Sonderung, die sexuelle Differen-

zirung. Wie schon vorher bemerkt, besitzt die geschlechtliche Zeugung nicht entfernt die hohe allgemeine Bedeutung, welche man ihr noch heute in den weitesten Kreisen zuschreibt; und das ist um so mehr hervorzuheben, als einerseits dieselbe vorzugsweise gern mit dem mystischen Schleier eines übernatürlichen oder höchst geheimnissvollen Vorganges verhüllt wird, und als andererseits sogar viele hervorragende Naturforscher die Bedeutung dieser Erscheinung für die Entwickelungslehre ganz unverhältnissmässig überschätzen. Da ist denn zunächst ausdrücklich hervorzuheben, dass erstens eine grosse Menge von niedersten Organismen, namentlich die bunte Masse der Protisten, viele Protophyten und Protozoen, die geschlechtliche Zeugung überhaupt nicht kennen, sondern sich ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen, (vorzugsweise durch einfache Theilung, ausserdem auch durch Knospenbildung und Sporenbildung). Zweitens ist zu bemerken, dass eine scharfe Grenze zwischen geschlechtlicher Zeugung (Amphigonie) und ungeschlechtlicher Zeugung (Monogonie) nicht besteht, wie schon die unbeständige Conjugation und Copulation bei vielen jener niedersten Organismen beweist. Drittens ist sehr lehrreich die zerstreute Verbreitung der Jungfernzeugung oder Parthenogenesis bei sehr verschiedenen Gruppen von höheren Thieren und Pflanzen; offenbar stammen diese von Vorfahren ab, welche geschlechtlich differenzirt waren; im Laufe der Zeit ist das männliche Geschlecht wieder entbehrlich geworden und verloren gegangen. Nicht minder lehrreich ist viertens die häufige Verknüpfung der geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugung im Generationswechsel einer und derselben Species.

Fünftens endlich verliert der wesentliche Vorgang der geschlechtlichen Zeugung alles Wunderbare und Räthselhafte, sobald wir von allen unwesentlichen und secundären Zuthaten absehen, und nur den histologischen Kern des Processes scharf in's Auge fassen. Denn dann ist die geschlechtliche Zeugung weiter Nichts, als die Verwachsung zweier Plastiden, welche durch weitgehende Arbeitstheilung ihrer Plastidule sich sehr verschiedenartig entwickelt haben.

In der That wird so das dunkle Mysterium der geschlechtlichen Fortpflanzung in der einfachsten Weise aufgeklärt, und das „wunderbare Räthsel" der weltbewegenden Liebe in der nüchternsten Form gelöst. Natürlich müssen wir dabei ganz absehen von allen jenen mannichfaltigen und merkwürdigen Geschlechts-Einrichtungen, welche erst langsam und allmählich von den höheren Thieren und Pflanzen theils unter dem allgemeinen Einflusse der natürlichen Züchtung, theils durch die besondere Wirksamkeit der geschlechtlichen Zuchtwahl erworben wurden. Ursprünglich finden wir weiter Nichts als zweierlei verschiedene Zellen: weibliche Eizellen und männliche Spermazellen. Diese entstehen oft nicht einmal in besonderen Organen, sondern liegen einzeln zerstreut in anderen Geweben, die Eizellen zwischen den Epithel-Zellen des Darms, die Spermazellen zwischen den Epidermiszellen der Haut: so bei den Gastraeaden, Spongien, vielen Hydroiden u. s. w. Der ganze Vorgang der sexuellen Verbindung beschränkt sich hier darauf, dass diese beiderlei Zellen, aus dem Verbande des vielzelligen Organismus abgelöst und zufällig im Wasser zusammengekommen, sich an einander legen

und mit einander zu einer einzigen Plastide verschmelzen. Die innige Neigung, welche durch die chemische „Wahlverwandtschaft“ der beiden liebenden Zellen bedingt ist, führt beide nothwendig zusammen. Die neu entstandene Zelle ist das Kind der mütterlichen Eizelle und der väterlichen Spermazelle: sie besteht aus den vereinigten Körpern Beider. Verfolgen wir diesen höchst wichtigen, aber auch höchst einfachen Fundamental-Process der Amphigonie noch weiter, so finden wir, dass dabei eine völlige und innige Mengung der Plastidule stattfindet, eine vollständige Verbindung der verschiedenen Molekular-Bewegungen in beiden Plastiden. Dabei scheint gewöhnlich dem Verschmelzungsprocess der beiderlei Geschlechtszellen die theilweise oder vollständige Auflösung ihres Kernes vorauszugehen (— in anderen Fällen vielleicht erst nachzufolgen —), so dass also das neuerzeugte Individuum zunächst keine Zelle, sondern eine Cytode ist, und sich erst durch Neubildung eines Kernes wieder zur Zelle gestaltet. Wir haben jene Cytode als „Monerula“, diese erste Zelle als „Cytula“ bezeichnet. Offenbar ist die individuelle Plastidul-Bewegung, welche dieser ersten Plastide innewohnt, und welche deren ganze weitere Entwickelung bedingt, die Resultante aus den beiden verschiedenen Plastidul-Bewegungen der weiblichen Ei-Plastide und der männlichen Sperma-Plastide. Wenn wir letztere als die beiden Seiten im Parallelogramm der Kräfte betrachten, so ist die Plastidul-Bewegung der Monerula und der daraus hervorgehenden Cytula deren Diagonale. Daraus erklärt sich auch ganz einfach die Thatsache der beiderseitigen oder amphigonen Vererbung, die Thatsache, dass das Kind zahlreiche Eigen-

schaften von beiden Eltern erbt. Die kindliche Lebens-Bewegung ist die Diagonale zwischen der mütterlichen und der väterlichen Lebens-Bewegung.

Rein morphologisch betrachtet, ist jene Vermischung der beiderlei Geschlechtszellen, welche einzig und allein das Wesen der geschlechtlichen Zeugung bedingt, durchaus kein ganz absonderlicher Vorgang; vielmehr fällt er unter den weiteren Begriff der Verwachsung oder Concrescenz der Plastiden, einen histologischen Vorgang, den wir auch sonst in vielen verschiedenen Modificationen sehr verbreitet antreffen; z. B. bei der Plasmodium-Bildung von Moneren und Mycomyceten, bei der Bildung netzförmiger Gewebe (Verschmelzung sternförmiger Muskelzellen, Nervenzellen, Bindegewebszellen u. s. w.). Besonders lehrreich ist aber dafür die sogenannte Copulation oder Conjugation zweier anscheinend gleichartiger Zellen, welche bei vielen Protisten (Protophyten und Protozoen) der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Theilung vorausgeht (Gregarinen, Infusorien, Diatomeen, Desmidiaceen etc.) Wir dürfen diese Conjugation von zwei gleichartigen Plastiden als die erste Einleitung zur sexuellen Differenzirung oder als den Uebergang von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Zeugung ansehen. Da nach den bekannten Erfahrungen der Inzucht ein gewisser Grad von Verschiedenheit der beiden Geschlechts-Individuen für den Erfolg ihrer Verbindung und die Fruchtbarkeit ihrer Nachkommenschaft sehr vortheilhaft ist, so wird die natürliche Züchtung die Ungleichheit der beiden copulirenden Plastiden begünstigen und durch allmähliche Häufung und Verstärkung ihrer individuellen Eigenthümlichkeiten sie allmählich bis

zu jenem Gegensatze entfernen, der uns in der verschiedenen Zusammensetzung der grossen amoeboiden Eizelle und der kleinen flagellaten Spermazelle bei den meisten Thieren so auffallend vor Augen liegt. Auch das ist wieder nur eine besondere und stark ausgebildete Form der Arbeitstheilung.

Wenn wir uns nun wieder daran erinnern, dass ganz allgemein betrachtet die Fortpflanzung nichts Anderes ist, als ein „Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus“, so werden wir auch jene Verwachsung von zwei gleichartigen Zellen, welche als Copulation oder Conjugation bezeichnet wird, und welche zuerst den phylogenetischen Anstoss zur sexuellen Differenzirung gegeben hat, nur als eine besondere Form des Wachsthums ansehen dürfen. Während bei dem gewöhnlichen einfachen Vorgang der ungeschlechtlichen Fortpflanzung das vorausgehende und bedingende Wachsthum (— ein totales bei der Theilung, ein partielles bei der Knospung —) langsam und allmählich erfolgt, geschieht dasselbe hier bei der Conjugation rasch und plötzlich. So lässt sich also auch das Mysterium der geschlechtlichen Zeugung wieder auf eine besondere Form des Wachsthums und der Arbeitstheilung der Plastiden zurückführen.

Die hier dargestellte Auffassung der geschlechtlichen Zeugung scheint mir für die niederen und einfacheren Formen so klar auf der Hand zu liegen, dass sie wohl keiner eingehenderen Begründung mehr bedarf. Aber auch für die höheren und verwickelteren Formen, die zunächst dadurch nicht vollständig aufgeklärt erscheinen, liefert sie uns den Schlüssel des Verständnisses. Dazu ist erforderlich,

dass wir erstens die physiologische Individualität des Plastiden-Lebens und die active Bedeutung der dasselbe bedingenden Plastidule anerkennen, und dass wir zweitens dem Begriffe des Generationswechsels eine viel weitere Ausdehnung und allgemeinere Geltung geben, als bisher geschehen ist. Bekanntlich beruht diese „Generatio alternans“ die wir mit *Owen* kurz als Metagenesis bezeichnen, auf dem regelmässigen periodischen Wechsel von zwei oder mehreren verschiedenen Generationen, von denen eine auf geschlechtlichem, die übrigen auf ungeschlechtlichem Wege ihre Nachkommen erzeugen. Zugleich ist mit diesem periodischen Zeugungswechsel eine mehr oder minder weit gehende Arbeitstheilung der Personen (oder bei den Pflanzen der Sprosse) verbunden, welche sich oft in einer höchst auffallenden Verschiedenheit ihrer Gestaltung und Organisation kund giebt. So sehen wir z. B., dass aus den Sporen oder Keimzellen der Farnkräuter nicht wieder ein Farnkraut entsteht, sondern ein Prothallium, eine niedere Pflanzenform ohne Stengel und Blätter, welche im Wesentlichen einem Lebermose gleicht. Diese wird geschlechtsreif; sie bildet Eier und Spermazellen, und aus deren Vermischung entsteht eine neue Zelle, die Cytula. Indem die Cytula sich wiederholt theilt, entsteht ein kleines Pflänzchen, das sich durch Sonderung vom Stengel und Blättern wieder zum Farnkraut entwickelt; und an der Unterseite von dessen Blättern entstehen später ungeschlechtlich die braunen Häufchen von Keimzellen oder Sporen. Einem gleichen Generationswechsel begegnen wir bei sehr vielen niederen Thieren. So entwickelt sich aus dem befruchteten Ei der meisten Medusen nicht wieder

eine Meduse, sondern ein festsitzender, ganz anders geformter Hydroid-Polyp, und dieser erzeugt erst wieder (durch ungeschlechtliche Knospung) die frei schwimmenden Medusen, die sich geschlechtlich sondern. Die Blattläuse und viele kleine Krebse (z. B. Daphniden) pflanzen sich während des Sommers ungeschlechtlich durch Parthenogenesis fort, durch unbefruchtete Keimzellen oder Sporen. Erst im Herbste kommt eine geschlechtlich differenzirte Generation mit Männchen und Weibchen, und aus deren befruchteten Eiern entsteht im Frühjahr wieder die erste ungeschlechtliche Generation.

Fassen wir nun aber unsere Plastiden als autonome „Elementar-Organismen" auf, die ihre morphologische und physiologische Selbstständigkeit besitzen, und betrachten wir den individuellen Entwickelungs-Process vom histologischen Standpunkte der Plastiden-Theorie, so werden wir durch Vergleichung mit den eben angeführten Vorgängen zu der Anschauung gelangen, dass eigentlich der Generationswechsel oder die Metagenesis ein sehr allgemein verbreiteter Vorgang ist. Denn bei der individuellen Entwickelung jedes vielzelligen Thieres, jeder vielzelligen Pflanze tritt zunächst eine geschlechtliche Plastiden-Generation auf, repräsentirt durch die weibliche Eizelle und die männliche Spermazelle. Aus deren Verbindung entsteht wieder eine Zelle, die Cytula, und diese erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege, durch wiederholte Theilung, die Generationen von gleichartigen Zellen, welche schliesslich die Morula und die daraus entstehende Blastula zusammensetzen. Jetzt erst tritt zwischen diesen gleichartigen Zellen der Blastula-Generation die erste Arbeits-

theilung ein, und sie sondern sich in zweierlei Zellenarten, in die Zellen des inneren vegetativen und des äusseren animalen Keimblattes. Jede von diesen erzeugt wieder durch fortgesetzte Theilung zahlreiche Generationen, und in den letzteren schreitet die Arbeitstheilung der Zellen um so weiter fort, je vollkommener später die völlig entwickelte Person organisirt ist. Alle die zahllosen Generationen von verschiedenartigen Zellen, welche deren Gewebe und Organe zusammensetzen, vermehren sich ungeschlechtlich durch Theilung. Nur zwei von diesen polymorphen Zellen-Generationen sondern sich wieder geschlechtlich, die Eizellen und die Spermazellen. Kommen diese später im geschlechtlichen Zeugungsacte wieder zur Verwachsung, so sind wir am Anfange des Zeugungskreises angelangt, von welchem wir ausgingen. Der Rückschlag oder Atavismus der Plastiden hat uns wieder bis zur Cytula zurückgeführt. Es besteht also im Grunde die individuelle Entwickelung jedes vielzelligen Thieres und jeder vielzelligen Pflanze, die sich durch Hypogenesis, d. h. ohne „Generationswechsel“ der Personen, durch einen geschlechtlichen Zeugungs-Act fortpflanzt, eigentlich aus einem höchst verwickelten Generationswechsel ihrer constituirenden Zellen. Der Unterschied liegt nur darin, dass die letzteren im vielzelligen Organismus eng räumlich mit einander verbunden bleiben, während die Personen, als Repräsentanten der verschiedenen Generationen bei der eigentlichen „Metagenesis“ räumlich von einander getrennt und frei sind. Um diesen Unterschied auszudrücken, habe ich die Wechselzeugung der Plastiden als Generationsfolge oder Strophogenesis bezeichnet, (Gen. Morph. II, 106).

Der Begriff der Metagenesis bleibt auf die Wechselzeugung der Personen, als ganz selbstständiger und freier physiologischer Individuen beschränkt. Wie unwesentlich übrigens dieser Unterschied ist, zeigen die Siphonophoren, bei denen dieselben, durch Arbeitstheilung vielfach gesonderten Personen auf einem Stocke vereinigt bleiben, die bei anderen Hydromedusen getrennt ihr selbstständiges Leben führen. Die Arbeitstheilung der Personen, die wir hier ebenso wie in den Culturstaaten der Ameisen, Bienen, Termiten und Menschen finden, ist an sich betrachtet nur im Grossen, was die Arbeitstheilung der Plastiden im Laufe der Strophogenesis in kleinem Maassstabe darbietet; und die letztere ist wieder im Grunde kein anderer Process als die im Miniaturbilde uns entgegentretende Arbeitstheilung der Plastidule. Diese ist der Elementar-Factor der fortschreitenden organischen Entwickelung, der stetig zunehmenden Vollkommenheit und Mannichfaltigkeit der organischen Formen. Der Mikrokosmos wiederholt auch hier das Bild des Makrokosmos.

Suchen wir nun für die mannichfaltigen und wundervollen, hier kurz berührten Vorgänge der organischen Zeugung und Entwickelung einen einheitlichen allgemeinen Gesichtspunkt auf monistischer Basis zu gewinnen, so ist dieser jedenfalls nur im Gebiete der Bewegungslehre oder der Mechanik im engeren Sinne zu suchen. Denn der ganze uns erkennbare Weltprocess in seiner unbegrenzten Ausdehnung, die Gesammtentwickelung der Sonnensysteme und Planeten nach *Kant*, die anorganische Entwickelung des Erdballs nach *Lyell* und die organische Entwickelung auf demselben nach *Darwin* sind in gleicher Weise durch

feste und unabänderliche Gesetze der Mechanik mit Nothwendigkeit bedingt. Und wie die gesammte Entwickelung der organischen Natur auf unserer Erde, wie die Stammesgeschichte des Pflanzen- und Thierreichs, so ist auch die Entwickelungsgeschichte der Menschheit und jedes einzelnen Menschen durch dieselben festen Gesetze der Bewegungslehre geregelt. Der Unterschied ist nur der, dass der Entwickelungs-Process der organischen Natur im Ganzen, wie im Einzelnen unendlich viel verwickelter und daher schwieriger zu erfassen ist, als derjenige der anorganischen Natur. Aber jener beruht ebenso wie dieser im Grunde doch nur auf Massen-Bewegungen, und diese Massen-Bewegungen sind sämmtlich auf Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnisse der Moleküle und der sie zusammensetzenden Atome, sowie des die Atome verbindenden Aethers zurückzuführen.

Der biogenetische Process, wie wir die Gesammtheit der organischen Entwickelungs-Bewegungen auf unserem Planeten kurz nennen wollen, ist im Einzelnen viel zu verwickelt, die Zahl, Mannichfaltigkeit und Complication aller ihn zusammensetzenden Einzel-Vorgänge ist viel zu gross, als dass es möglich wäre, jetzt schon, bei unserer mangelhaften und unvollkommenen Kenntniss derselben, seinem ehernen mechanischen Gang Schritt für Schritt zu folgen. Trotzdem können wir behaupten, schon jetzt eine befriedigende monistische Einsicht in sein wahres Wesen gewonnen zu haben. Die Voraussetzung dieser Einsicht ist die Anerkennung des biogenetischen Grundgesetzes, welches durch den Nachweis des Causalnexus zwischen Ontogenie und Phylogenie allein fähig scheint, den über

allen Zweigen der Biogenie lagernden Nebel zu zerstreuen. Wie man auch jenen innigen ursächlichen Zusammenhang zwischen Keimes- und Stammesgeschichte formuliren mag, bestehen bleibt er für Jeden, der nicht durch Vorurtheile geblendet, der mit den Thatsachen der organischen Entwickelung vertraut und der zu einem philosophischen Urtheil über ihre Bedeutung befähigt ist.

Wollen wir aber noch weiter in die Mechanik des biogenetischen Processes eindringen, so müssen wir nothwendig in die dunkele Tiefe des Plastiden-Lebens hinabsteigen und in der Plastidul-Bewegung die wahre bewirkende Ursache desselben aufsuchen. Es bleibt also hier schliesslich noch die Frage zu beantworten, ob wir über die eigentliche Natur dieser molekularen Plastidul-Bewegung, die unserer unmittelbaren Erkenntniss verschlossen ist, uns mit Hülfe der Vergleichung von analogen Bewegungserscheinungen eine vorläufig befriedigende Hypothese zu bilden im Stande sind. Eine bejahende Antwort auf diese Frage versucht unsere Hypothese der Perigenesis.

Wenn wir zunächst vom höchsten und umfassendsten Gesichtspunkte aus die Gesammtheit der eben betrachteten organischen Entwickelungsvorgänge überschauen, so ergiebt sich als allgemeinstes Resultat die Ueberzeugung, dass der biogenetische Process als eine periodische Bewegung verläuft. Das anschaulichste Analogon derselben finden wir im Bilde einer verwickelten Wellenbewegung. Halten wir uns dabei zunächst nur an die unmittelbar zu erkennenden und unumstösslichen Thatsachen, so können wir von unserer eigenen Vorfahren-Kette ausgehen; gleich-

viel ob wir diese auf die sogenannte „historische Zeit" beschränken, in welcher Mensch auf Mensch nachweislich gefolgt ist; oder ob wir unsere Ahnenreihe, der Anthropogenie folgend, noch weiter hinab durch den Stamm der Wirbelthiere bis zum Amphioxus, und durch die Gruppe der Wirbellosen hindurch bis zur Gastraea, schliesslich bis zur Amoebe und zum Moner verfolgen. Auf jeden Fall lässt sich die Entwickelungsbewegung unserer Ahnenreihe unter dem einfachsten Bilde einer Wellenlinie vorstellen, in welcher das individuelle Leben jeder einzelnen Person einer einzelnen Welle entspricht.

Beschränken wir nun aber unseren Blick nicht auf die Reihe unserer directen Vorfahren, sondern erweitern wir ihn und fassen wir die Gesammtheit unserer Blutsverwandten zusammen, so können wir bekanntlich deren Zusammenhang in der einfachen Form eines Stammbaumes klar ausdrücken. Mit Rücksicht auf die Wellenbewegung der zusammenhängenden Entwickelung können wir auch in diesem Stammbaum die Entwickelungs-Bewegung jeder einzelnen Person durch eine Welle andeuten. Der ganze Stammbaum erhält so das Bild einer verzweigten Wellenbewegung, einer ramificirten Undulation. (Vergl. die angehängte Tafel.) Welche Vorfahren-Form wir auch als Stammform für die ganze stammverwandte Gruppe des Stammbaumes oder für einen Theil derselben wählen mögen, immer wird sie als der Ausgangspunkt einer zusammenhängenden Wellenbewegung erscheinen, welche sich, den Aesten und Zweigen des Stammbaumes entsprechend, vielfach ramificirt.

Dasselbe Bild einer verzweigten Wellenbewegung,

welches uns so die Entwickelungsgeschichte jeder menschlichen Familie, die Genealogie jeder Dynastie im Kleinen darbietet, dasselbe finden wir im Grossen wieder, wenn wir das natürliche System der Organismen im Lichte der Descendenz-Theorie betrachten. Denn wie in jeder menschlichen Familie, so sind auch in jeder grösseren Gruppe von blutsverwandten Thieren oder Pflanzen „alle Gestalten ähnlich; doch keine gleichet der anderen“. Das „geheime Gesetz“, das „heilige Räthsel“, auf welches dieser Gestalten-Chor nach *Goethe* deutet, ist die übertragene Entwickelungs-Bewegung, auf der die „Blutsverwandtschaft“ beruht. Daher ist das „natürliche System“ nichts Anderes als der wahre Stammbaum der blutsverwandten Arten, und jeder einzelne Ast und Zweig desselben entspricht einer grösseren oder kleineren Gruppe von Descendenten einer gemeinsamen Stammform. Diese Einheit der Abstammung vereinigt alle Formen einer Klasse, Ordnung u. s. w. Indem sich jede Klasse in verschiedene Ordnungen, jede Ordnung in mehrere Familien, jede Familie wieder in verschiedene Gattungen, jede Gattung in mehrere Arten und Varietäten spaltet, verzweigt sich die Wellenbewegung, welche von der gemeinsamen Stammform auf die ganze Nachkommen-Gruppe übertragen wurde; und jeder Wellenzweig pflanzt seine individuelle Bewegung wieder in eigenthümlicher Form auf seine verschiedenen Descendenten fort.

Nun lehrt uns das biogenetische Grundgesetz, dass sich dieser grossartige Entwickelungsgang der Stammesgeschichte im Kleinen wiederspiegelt in der Keimesgeschichte jedes einzelnen Individuums. Hier sind es die

Lebensläufe der constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen) welche den einzelnen Wellen entsprechen. Die Cytula oder die aus dem befruchteten Ei hervorgegangene „erste Furchungszelle“, aus welcher sich der vielzellige Organismus entwickelt, verhält sich zu den verschiedenen Zellen-Generationen, welche aus ihr durch Theilung entstehen und welche später durch Arbeitstheilung die verschiedenen Gewebe bilden, ganz genau so, wie die Stammform einer Klasse oder Ordnung zu den mannichfaltigen Familien, Gattungen und Arten, welche von ihr abstammen und sich durch Anpassung an verschiedene Existenz-Bedingungen verschiedenartig entwickelt haben. Der ontogenetische „Zellen-Stammbaum“ der ersteren hat ganz dieselbe Form, wie der phylogenetische „Arten-Stammbaum“ der letzteren. Die übertragene Entwickelungs-Bewegung, welche hier von der Stammform der ganzen Arten-Gruppe, dort von der Stammzelle der ganzen Zellen-Gruppe ausgeht, nimmt in beiden Fällen die gleiche Form der verzweigten Wellenbewegung an. Jeder, der das biogenetische Grundgesetz anerkennt, wird es nur natürlich finden, dass der Mikrokosmos des ontogenetischen Zellen-Stammbaumes das verkleinerte und theilweise verzogene Abbild von dem Makrokosmos des phylogenetischen Arten-Stammbaumes darstellt. (Vergl. die angehängte Tafel.)

Da wir uns jede zusammengesetzte und verwickelte Erscheinung nur durch Auflösung in ihre einzelnen Bestandtheile und genaueste analytische Untersuchung dieser letzteren zum Verständniss bringen und erklären können, so müssen wir nothwendig auch in der mechanischen Entwickelungs-Theorie bis in die letzten Elementar-Vorgänge

eindringen. Nun ist der ganze biogenetische Process das höchst zusammengesetzte Resultat aus den Entwickelungs-Vorgängen sämmtlicher organischen Arten. Diese setzen sich wieder aus den Entwickelungs-Processen der Personen, wie die letzteren aus denjenigen der constituirenden Plastiden zusammen. Die Entwickelung jeder einzelnen Plastide ist aber wieder nur das Product aus den activen Bewegungen ihrer constituirenden Plastidule. Nun haben wir gesehen, dass die Entwickelungs-Bewegung der Stämme und Klassen, der Ordnungen und Familien, der Gattungen und Arten, der Personen und Plastiden immer und überall die charakteristische Grundform der verzweigten Wellenbewegung hat. Demnach kann auch die molekulare Plastidul-Bewegung, welche allen jenen Vorgängen zu Grunde liegt, in Wirklichkeit keine andere Form besitzen. Wir müssen schliessen, dass auch diese Elementar-Ursache des Lebens-Processes, dass auch die unsichtbare Plastidul-Bewegung eine verzweigte Wellenbewegung ist. Diese wahre und letzte „Causa efficiens" des biogenetischen Processes nennen wir mit einem Worte Perigenesis, die periodische Wellenzeugung der Lebenstheilchen oder Plastidule. In der That ist diese Hypothese die einzige, welche uns jenen Process wirklich zu erklären vermag. Nehmen wir als einfaches Beispiel zur Erläuterung der Perigenesis den Entwickelungsgang eines monoplastiden Protisten (z. B. eines monocytoden Moneres, oder einer einzelligen Amoebe), das sich durch einfache Theilung fortpflanzt, und verfolgen wir diesen auf der angehängten Tafel bis zur fünften Generation. Auf dieser Tafel ist jede entwickelte einfache Zelle durch eine einfache rothe Kugel und die

beiden Tochterzellen, welche bei deren Fortpflanzung durch Theilung entstehen, durch zwei kleinere, unmittelbar darüber befindliche rothe Kugeln angedeutet. Die rothen Wellenlinien bedeuten den individuellen Entwickelungsgang jeder einzelnen Zelle mit der ihr eigenthümlichen Plastidul-Bewegung, deren Richtung durch einen rothen Pfeil angedeutet wird. Die kleinen schwarzen Körper von verschiedener Form bedeuten die Summe der äusseren Existenz-Bedingungen, welche die Ernährung jeder Zelle beeinflussen und durch Anpassung deren ursprüngliche Plastidul-Bewegung abändern. Die Richtung dieser Anpassungs-Bewegung ist durch die schwarzen Pfeile angedeutet. Indem nun in jeder einzelnen Zelle die ursprüngliche, von der Mutterzelle durch Vererbung übertragene Plastidul-Bewegung mit der neuen, durch Anpassung erworbenen Plastidul-Bewegung zusammentrifft, entsteht als Diagonale in diesem Parallelogramm der Kräfte eine neue Form der Plastidul-Bewegung, die dieser Zelle individuell zukommt: und da die Existenz-Bedingungen aller Individuen mehr oder minder verschieden sind, müssen auch diese Diagonal-Bewegungen mehr oder minder abweichen. Daraus folgt die Divergenz des Charakters, welche sich bei den Descendenten jeder Generation ausspricht und bei jeder folgenden Generation wächst. Der ganze Entwickelungs-Process stellt sich also als eine zusammengesetzte ramificirte Undulation der Plastidule dar, bei welcher die einzelnen Wellen mehr und mehr ungleich werden. Ganz dieselbe Erscheinung zeigt uns der sogenannte Furchungs-Process der Thier-Eier. Auch hier zerfällt die Zelle durch wiederholte Theilung in 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. w.

Zwar erscheinen diese äusserlich häufig gleich; allein ihre (ererbte) Plastidul-Bewegung ist dennoch individuell verschieden, wie aus ihrer späteren ungleichen Entwickelung hervorgeht. Die potentielle Ungleichheit, welche hier durch Vererbung übertragen oder angeboren erscheint, ist in Wahrheit ursprünglich durch Anpassung von den ältesten Vorfahren des vielzelligen Organismus erworben worden.

Indem wir dergestalt eine ununterbrochene verzweigte Wellenbewegung der Plastidule als die bewirkende Ursache des biogenetischen Processes annehmen, sehen wir die Möglichkeit ein, den unendlich verwickelten Gang des letzteren auf mechanische Bewegung der Massen-Atome zurückzuführen; und diese sind hier ebenso durch chemisch-physikalische Gesetze bedingt, wie in sämmtlichen Erscheinungen der anorganischen Natur. Wenn wir diese verzweigte Wellenbewegung der Plastidule mit einem Worte als „Perigenesis oder Wellenzeugung" bezeichnen, so wollen wir damit die characteristische Eigenthümlichkeit ausdrücken, welche dieselbe als verzweigte Bewegung von anderen ähnlichen periodischen Processen unterscheidet. Diese Eigenthümlichkeit beruht auf der Reproductionskraft der Plastidule und diese ist wieder durch deren eigenthümliche atomistische Zusammensetzung bedingt. Jene Reproductionskraft, die allein die Fortpflanzung der Plastiden ermöglicht, ist aber gleichbedeutend mit dem Gedächtniss der Plastidule. Und hier kommen wir wieder auf die vorher adoptirte, von *Ewald Hering* so vortrefflich begründete Anschauung zurück, dass das unbewusste Gedächtniss die wichtigste Character-Eigenschaft der „orga-

nisirten Materie“, oder richtiger der organisirenden Plastidule ist. Das Gedächtniss ist ein Hauptfactor des biogenetischen Processes. Durch das Gedächtniss der Plastidule wird das Plasson befähigt, in fortdauernder periodischer Bewegung seine characteristischen Eigenschaften von Generation zu Generation durch Vererbung zu übertragen, und diesen die neuen Erfahrungen einzufügen, welche die Plastidule durch Anpassung im Laufe der Entwickelung erworben haben.

Wie ich schon in der generellen Morphologie ausführlich begründete, sind die Abänderungen der organischen Formen, welche wir unter dem Begriff der Anpassung im weitesten Sinne zusammenfassen, bedingt durch veränderte Verhältnisse in der Ernährung der Plastiden. Diese letzteren aber sind zurückzuführen auf chemische Veränderungen in der atomistischen Zusammensetzung und demgemäss in der Molekular-Bewegung der Plastidule, welche bei der ausserordentlichen Beweglichkeit und verwickelten Lagerung der constituirenden Atome unmittelbar durch die veränderten Einflüsse der umgebenden Aussenwelt oder der äusseren „Existenz-Bedingungen“ herbeigeführt werden. Diese Erfahrungen vergessen die Plastidule nicht. Sie übertragen vielmehr dieselben als Modification der ursprünglichen Plastidul-Bewegung auf die Nachkommen. So erklärt sich die Vererbung wesentlich als die Uebertragung der individuellen Plastidul-Bewegung, welche mit jedem Processe der Fortpflanzung nothwendig verknüpft ist.

In der generellen Morphologie (Bd. I., S. 154, Bd. II., S. 297) und in der natürlichen Schöpfungsgeschichte

(VI. Aufl., S. 226, 300) hatte ich jede einzelne organische Form als das nothwendige Product aus zwei mechanischen Factoren abgeleitet, die man im Sinne der älteren Biologie als „Bildungskräfte“ oder „Bildungstriebe“ bezeichnen kann. Der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft (von *Goethe* als der centripetale oder Specificationstrieb bezeichnet) ist die Erblichkeit oder Heredität. Der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft (von *Goethe* der centrifugale oder Metamorphosen-Trieb genannt) ist die Anpassungsfähigkeit oder Variabilität. Letztere bedingt das, was *Baer* als „Grad der Ausbildung“, erstere das, was *Baer* als „Typus der Bildung“ gegenüberstellt. Mit Rücksicht auf die Perigenesis können wir jetzt den Gegensatz zwischen diesen beiden fundamentalen formgestaltenden Kräften der Organismen schärfer dahin präcisiren, dass wir sagen: Die Erblichkeit ist das Gedächtniss der Plastidule, die Variabilität ist die Fassungskraft der Plastidule. Jene bewirkt die Beständigkeit, diese die Mannichfaltigkeit der organischen Formen. In sehr einfachen und sehr constanten Formen haben die Plastidule, cum grano salis verstanden, „Nichts gelernt und Nichts vergessen.“ In sehr vollkommenen und variablen organischen Formen haben die Plastidule „Viel gelernt und Viel vergessen.“ Als Beispiel für ersteres führe ich die Keimesgeschichte des Amphioxus, als Beispiel für letzteres hingegen diejenige des Menschen an (vergl. meine Anthropogonie, VIII. und XIV. Vortrag).

Die Unterschiede, welche meine Hypothese der Perigenesis von *Darwin's* Hypothese der Pangenesis trennen,

liegen auf der Hand. So wesentlich verschieden, wie *Darwin's* „Gemmulae oder Lebenskeimchen“ von unseren „Plastidulen oder Lebensmolekülen“, so grundverschieden sind auch die molekularen Bewegungen, welche unsere beiden Hypothesen in Anspruch nehmen. Die „Gemmulae“ der Pangenesis sind Molekül-Gruppen, welche „wachsen, sich ernähren und durch Theilung vervielfältigen können, gleich den Zellen selbst.“ Die „Plastidule“ der Perigenesis hingegen sind Einzel-Moleküle, welche als solche alle diese Eigenschaften nicht besitzen. Sie können blos ihre individuelle Plastidul-Bewegung auf die benachbarten Plastidule übertragen und durch Assimilation in ihrer unmittelbaren Umgebung neue Plastidule von derselben Beschaffenheit bilden, wie ein wachsender Krystall in der Mutterlauge; sie können ferner ihre atomistische Zusammensetzung in Folge äusserer Einflüsse sehr leicht ändern und damit auch ihre Plastidul-Bewegung. *Darwin* nimmt an, dass jede Zelle Theilchen an alle Theile des Körpers abgiebt und dass alle Reproductions-Zellen, sowohl die Eizellen und Spermazellen, welche die geschlechtliche Zeugung, als auch die indifferenten Zellen, welche die ungeschlechtliche Zeugung vermitteln, abgegebene Gemmulae von sämmtlichen Zellen des Organismus enthalten; und nicht allein dieses Organismus, sondern auch aller seiner Vorfahren. Wie diese in den Reproductions-Zellen sich ordnen und den neuen Organismus bilden sollen, vermag ich nicht einzusehen. Ja, mir scheint eine Entwickelungslehre auf dieser Basis mit der Zellen-Theorie, mit der Plastiden-Theorie, mit unseren Erfahrungen über die successive Differenzirung und Arbeitstheilung der Zellen im

Laufe der Ontogenese überhaupt unvereinbar. Die Arbeitstheilung und Generationsfolge der Zellen, auf welche ich das Hauptgewicht lege, und die regelmässige Periodicität der Plastidulbewegung, welche diesen erworbenen Process der Arbeitstheilung von Zeit zu Zeit wiederholt und durch neue Erwerbungen complicirt, haben in der Theorie der Pangenesis keinen Platz.

Hingegen gründet sich meine Hypothese von der Perigenesis der Plastidule auf das mechanische Princip der übertragenen Bewegung, welches bereits *Aristoteles* als die wichtigste Ursache der individuellen Entwickelung betrachtete. Dieser grosse Naturphilosoph lässt bei der geschlechtlichen Fortpflanzung den Anstoss und den Beginn oder die Erregung der Entwickelungsbewegung vom männlichen Samen ausgehen und von diesem auf den weiblichen Zeugungsstoff übertragen. Auch bekämpft er ausdrücklich die in der Pangenesis enthaltene Vorstellung, dass der Same von allen Theilen des Körpers herkomme. Unsere Plastidule sind die constituirenden Moleküle des Plasson, welche die Plastiden-Theorie, die erweiterte „Protoplasma-Theorie", als die einzigen activen Factoren des Plastiden-Lebens anerkennt, während sie den übrigen Gewebs-Molekülen dabei nur eine passive Rolle zutheilt. Indem die schwingende Molekular-Bewegung dieser Plastidule, oder die Plastidul-Bewegung, sich bei der Vermehrung der Plastiden als „Vererbung" auf die neugebildeten Plastiden überträgt, gestaltet sie sich zu einer verzweigten Wellenbewegung, und indem bei den verschiedenen Descendenten die mannichfaltigen Existenzbedingungen einen unmittelbaren Einfluss auf die verschiedenen

Zweige ausüben, entstehen durch „Anpassung" neue Formen. Durch Vererbung dieser Anpassungen auf die späteren Descendenten entsteht die divergente Arbeitstheilung der Plastiden, welche wir als die wichtigste Ursache der weiteren Entwickelung ansehen. So werden die Wellenkreise der ramificirten Undulation immer zahlreicher, mannichfaltiger und verwickelter, je weiter wir die fortschreitende Perigenesis der Plastidule verfolgen.

Alle die mannichfaltigen, verwickelten und merkwürdigen Erscheinungen, des biogenetischen Processes scheinen mir im Lichte dieser Perigenesis einer einfachen mechanischen Erklärung von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zugänglich zu werden. Hingegen habe ich mich vergeblich bemüht, eine solche einfache mechanische Erklärung mit Hülfe der Pangenesis zu erreichen, welche *Darwin* selbst als eine höchst complicirte Hypothese bezeichnet. Auch alle die einzelnen Haupt-Erscheinungen der Entwickelung, welche derselbe an der Hand der Pangenesis-Hypothese zu erklären sucht: Fortpflanzung und Vererbung, Ernährung und Anpassung, Rückschlag und Generationswechsel, Hybridismus und Regeneration scheinen wir durch die Pangenesis der Gemmulae keine mechanische und mit den Thatsachen des Zellenlebens und der Keimesentwickelung vereinbare Erklärung zu finden. Hingegen wird eine solche durch die Perigenesis der Plastidule gegeben. *Darwin* sagt ausdrücklich, dass „alle Formen der Reproduction abhängen von der Aggregation von Gemmulae, welche von allen Theilen des Körpers abgeleitet sind." Wir sagen hingegen: „Alle Formen der Fortpflanzung hängen ab von der Uebertragung

der Plastidul-Bewegung, welche bloss von dem zeugenden Theile des Körpers auf die erzeugten Plastiden direct übertragen wird, aber weiterhin vermöge des Gedächtnisses und der Arbeitstheilung der Plastidule die Wellenbewegung der Vorfahren in den Nachkommen ganz oder theilweise reproduciren kann.

Was ich hier gegen die geistreiche Pangenesis-Theorie *Darwin*'s einwende, das gilt zum Theil auch von der scharfsinnigen Entwickelungs-Theorie, welche 1874 *Elsberg* in New-York als die Theorie von der „Regeneration oder Präservation der organischen Moleküle" veröffentlicht hat. (Proceed. of the American Association, Hartford 1874.) Jedoch treten hier an die Stelle der „Gemmules" in Uebereinstimmung mit unserer Plastiden - Theorie die Plastidule. In der Auffassung der Plastidule als wirklicher activer Plasson-Moleküle und in Bezug auf die fundamentale Bedeutung des Plasson selbst, stimmt *Elsberg* wesentlich mit unserer Auffassung überein. Dagegen nimmt er den Grundgedanken der Pangenesis in seine Regenerations-Theorie auf. Er formulirt sie selbst in folgenden Worten: „Der Keim jedes erzeugten lebenden Wesens enthält Plastidule seiner ganzen Vorfahren-Reihe. Ich nenne sie die Regenerations-Hypothese, weil ihr zufolge die Vorfahren bis zu einem gewissen Grade körperlich, und also auch in jeder anderen Beziehung, in ihrer Nachkommenschaft wiedergeboren werden; oder die Hypothese der Präservation der organischen Moleküle, weil sie annimmt, dass gewisse Plastidule, wenn auch nicht für immer, doch für lange Zeit, aufbewahrt und von Generation zu Generation übertragen werden; oder ich könnte

sie die Hypothese der Erhaltung der organischen Kräfte nennen, was nach der eben gegebenen Deutung dasselbe ausdrücken würde."

Wie hieraus und aus den weiteren Ausführungen von *Elsberg* klar hervorgeht, stimmt er im Wesentlichsten mit der Pangenesis-Hypothese *Darwin*'s überein, insofern hier wie dort die materielle Uebertragung wirklicher Moleküle durch die ganze Reihe der blutsverwandten Generationen und somit die materielle Zusammensetzung jedes Keimes aus körperlichen Theilchen seiner sämmtlichen Vorfahren behauptet wird. Gerade diesem Grundgedanken aber tritt unsere Perigenesis-Hypothese entgegen. Denn wir nehmen eine unmittelbare Uebertragung der körperlichen Moleküle nur vom zeugenden Individuum auf das Erzeugte an, aber nicht auch von der älteren Vorfahren-Reihe her. Von dieser wird nur die besondere Form der periodischen Bewegung übertragen oder „vererbt", und nur diese fortdauernde „Wellenbewegung der Plastidule" ist es, welche vermöge des Gedächtnisses derselben auch die Eigenschaften der älteren Vorfahren an den späteren Nachkommen wieder in die Erscheinung treten lässt. Das ist ja gerade das Charakteristische der fortschreitenden Wellenbewegung, dass die Wellenformen sich vom Ausgangspunkte der Bewegung oder vom „Erregungscentrum" aus über weite Strecken und zahllose Theile der bewegten Masse fortpflanzen können, trotzdem die bewegten Moleküle nur innerhalb sehr enger Grenzen, nur innerhalb einer Wellenlänge sich hin und her bewegen, und die Wellen selbst an Ort und Stelle bleiben; in sehr sinnreicher und bezeichnender Weise nennen wir deshalb

auch die Wellenbewegung eine Fortpflanzung der Wellen. Diesen Sprachgebrauch umkehrend, kann man auch die Fortpflanzung der Organismen als eine eigenthümliche „Wellenbewegung" auffassen.

Abgesehen von dieser Differenz scheint mir *Elsberg* auch darin zu weit zu gehen, dass er die Zellen-Theorie durch die histologischen Anschauungen von *Beale* und *Heitzmann* für überwunden erklärt und die netzförmige Anordnung der Plastidulreihen im Plasson oder der „formenden Substanz" für eine allgemeine und wesentliche Eigenschaft aller Plastiden hält. Ich fasse dagegen diese netzförmige Anordnung der Plastidul-Reihen in der „Interplastidul-Substanz" als ein secundäres Phänomen auf und nehme an, dass ursprünglich (z. B. in den einfachsten Moneren) die Plastidule allein, dicht an einander gelagert, den ganzen Plastiden-Körper bilden. Erst in Folge ihrer weiteren bildenden Thätigkeit treten sie aus einander, lagern „Interplastidul-Massen" zwischen sich ab und können die netzförmige Anordnung annehmen, welche wir so weit verbreitet (wenngleich keineswegs allgemein) in den Cytoden und Zellen wahrnehmen. Jedenfalls bleibt aber *Elsberg* im Rechte, wenn er die hohe Bedeutung der Plastidule betont und sie als die eigentlichen activen Factoren des Lebens-Processes ansieht.

Die grossen Gruppen von Thatsachen, auf welche wir unsere Perigenesis-Hypothese stützen, sind als empirische Grundlagen der Entwickelungs-Lehre zum grössten Theile längst anerkannt, und die darauf gegründeten Theorien, die wir durch die Idee der Perigenesis zu einem Ganzen verbunden haben, von den meisten Biologen gegenwärtig

angenommen. Ueber die Begründung der Zellen-Theorie, von der wir ausgegangen sind, brauchen wir kein Wort zu verlieren. Dass die active formbildende Lebenssubstanz der Zellen, oder die materielle Basis der Lebens-Thätigkeiten, im Protoplasma und der nahverwandten Nucleus-Substanz zu suchen ist, und dass alle anderen Theile der Gewebe passive, von jenen gebildete Bestandtheile darstellen, ist neuerdings ebenso zur Anerkennung gelangt. Die Moneren (und die ontogenetische Keimform der Monerula) zeigen uns, dass Protoplasma und Nucleus erst durch Sonderung aus dem einfachen Plasson entstanden sind. Hierauf gestützt glauben wir in unserer Plastiden-Theorie gezeigt zu haben, dass alle die zahllosen Arten des Protoplasma und des Nucleus nur Modificationen einer einzigen fundamentalen Bildungssubstanz, des Plasson darstellen, und dass demnach als die eigentlichen, molekularen Factoren des biogenetischen Processes die Plasson-Moleküle oder die Plastidule zu betrachten sind. Diesen müssen wir nothwendig eine eigenthümliche, durch ihre atomistische Constitution bedingte Molecular-Bewegung zuschreiben. Dass der biogenetische Process im Grossen und Ganzen ebensowohl wie in allen einzelnen Theilen eine verzweigte Wellenbewegung darstellt, wird wohl allgemein zugegeben werden. Da wir nun aber die bewirkende Ursache dieser höchst zusammengesetzten Wellenbewegung nur in der molekularen Plastidul-Bewegung finden können, so müssen wir auch letztere als eine Undulation auffassen.

Wollten wir von streng mechanischem Standpunkt aus für unsere Perigenesis-Hypothese den Werth einer Theorie der Entwickelung in Anspruch nehmen, so würden wir

vor Allem den Charakter der periodischen Massen-Bewegung. der verzweigten Wellen-Bewegung betonen, den der biogenetische Process unstreitig besitzt. Als hypothetisches Element bleibt dann in der Theorie eigentlich nur noch die Summe von Eigenschaften übrig, welche wir den Plastidulen oder den Plasson-Molekülen zuschreiben. Wir betrachten diese „Lebenstheilchen“ als die wahren activen Factoren des Lebens-Processes und schreiben ihnen ausser den Eigenschaften, die allen aus Atomen zusammengesetzten Massentheilchen oder Molekülen zukommen, eine besondere Eigenschaft zu, welche sie als vitale Moleküle vor den anderen auszeichnet. Diese Eigenschaft, die recht eigentlich den lebendigen Organismus von dem nicht lebendigen Anorgane unterscheidet, ist die Fähigkeit des Gedächtnisses oder der Reproduction. Ohne diese Hypothese scheinen uns die mannichfaltigen Phänomene der Zeugung und Entwickelung überhaupt nicht verständlich zu sein. Wie befriedigend sich die Annahme eines solchen unbewussten Plastidul-Gedächtnisses begründen lässt, das hat *Ewald Hering* in der mehrfach hervorgehobenen Schrift einleuchtend gezeigt. Hingegen ist es mir bei eingehendem Nachdenken nicht möglich gewesen, irgend einen haltbaren Grund gegen diese Hypothese aufzufinden. Demnach betrachte ich das Gedächtniss oder die Reproductionskraft der Plastiden als eine Function des Plasson, welche unmittelbar durch die atomistische Zusammensetzung der Plastidule bedingt ist.

Von diesem Gesichtspunkte aus dürfen wir vielleicht die Perigenesis als eine „mechanische Theorie“ im weiteren Sinne bezeichnen, oder wenigstens als eine Hypothese,

welche den Keim zu einer solchen in sich trägt. Was noch besonders zu ihren Gunsten sprechen dürfte, ist ihre grosse Einfachheit, in der Regel das Zeichen einer naturgemässen Theorie. Wie einfach sind die Grundgedanken der Gravitations-Theorie von *Newton*, der Undulations-Theorie von *Hüyghens*, der Wärme-Theorie von *Mayer*, der Zellen-Theorie von *Schleiden*, der Descendenz-Theorie von *Lamarck* und der Selections-Theorie von *Darwin!* Und doch werden durch diese einfachen Grundgedanken die grössten und umfassendsten Massen verschiedenartiger Thatsachen zu einem einheitlichen Ganzen verbunden und durch eine gemeinsame Ursache erklärt. Ebenso einfach ist auch der Grundgedanke einer verzweigten Wellenbewegung der Plastidule, die wir als bewirkende mechanische Ursache des biogenetischen Processes betrachten.

Wenn die monistische Naturwissenschaft der Gegenwart an uns mit Recht die Anforderung stellt, alle Natur-Erscheinungen mechanisch zu erklären und mit Ausschluss jeder Teleologie auf „bewirkende Ursachen", auf „causae efficientes" zurückzuführen, so wird dieser ersten Anforderung durch unsere Perigenesis-Theorie genügt. Denn rein mechanisch sind die Principien von der übertragenen Massenbewegung und von der Erhaltung der Kraft, welche derselben zu Grunde liegen. Rein mechanisch ist auch das Princip der Autogonie, welches den ersten Anstoss zu dieser übertragenen Bewegung aus jenen Atom-Bewegungen herleitet, die bei der Bildung der ersten Plastidule stattfinden und deren eigenthümliche Plastidul-Bewegung bewirken. Auf die Uebertragung dieser Plastidul-Bewegung konnten wir die Vererbung, auf die Abänderung

derselben die Anpassung zurückführen, die beiden Haupt-Factoren der organischen Formbildung. So fügt sich der biogenetische Process, als eine besondere und höchst verwickelte Form der periodischen Massen-Bewegung. ohne Zwang in den gesetzmässigen Gang des gesammten Weltprocesses ein, und die bewirkende Ursache desselben ist die Perigenesis der Plastidule.

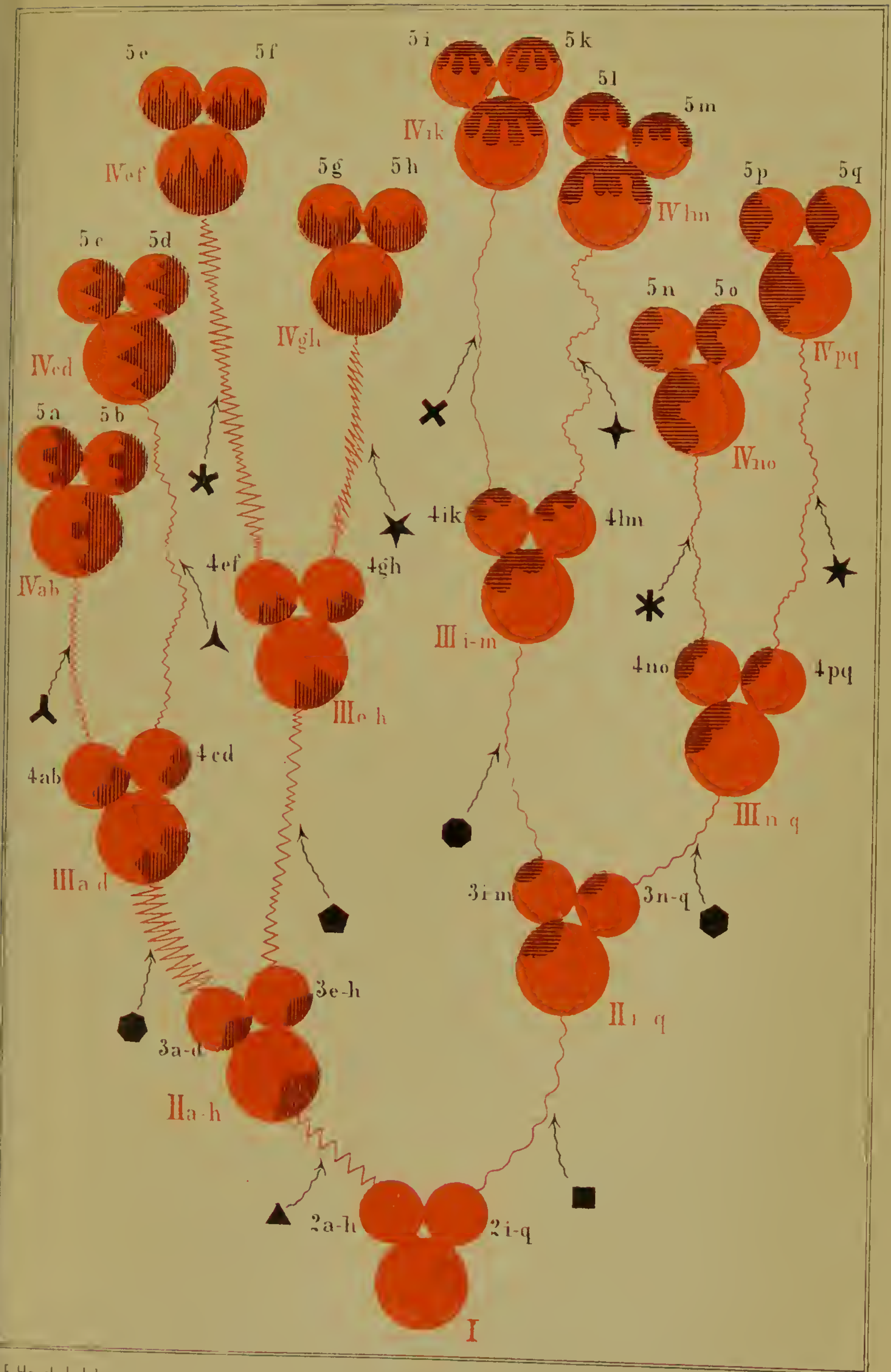


Erklärung der Tafel.

Das Schema der Perigenesis, das diese Tafel darstellt, soll in einfachster Form die verwickelten Beziehungen versinnlichen, welche bei jedem organischen Entwickelungs-Process zwischen den Descendenten einer gemeinsamen Stammform durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung bedingt werden. Die übertragene Bewegung der Plastidule, welche die Vererbung bewirkte, ist durch rothe Wellenlinien angedeutet; hingegen der Einfluss der äusseren Existenz-Bedingungen, welcher durch Abänderung der übertragenen Plastidul-Bewegung die Anpassung bewirkt, durch schwarze Wellenlinien. Die Verschiedenheit der äusseren Existenz-Bedingungen, denen jedes organische Individuum sich anpassen muss, ist durch die verschiedene Form der schwarzen Körper angedeutet, hingegen die dadurch bewirkte Verschiedenheit der inneren Plastidul-Bewegung durch die verschiedene schwarze Schraffirung der rothen Kugeln. Je zwei kleine Kugeln sind durch Theilung der darunter befindlichen grossen Kugel entstanden. Dieses Verhältniss ist der Einfachheit halber angenommen und bis zur fünften Generation fortgeführt. Das Schema passt ebenso wohl auf die Furchungszellen, welche sich bei der regelmässigen totalen Ei-Furchung durch fortgesetzte Zweitheilung vermehren, wie auf die entsprechende Stammesgeschichte einer einzelligen Stammform. Aber auch in dem Stammbaum jedes höheren, vielzelligen Organismus erscheint ebenso die individuelle Plastidul-Bewegung jedes einzelnen Individuums als das Product aus der durch Vererbung übertragenen und der durch Anpassung abgeänderten Wellenzeugung der Lebenstheilchen.

Druck von A. Haack in Berlin.

Schema der Perigenesis



E. Haeckel del.

Lith. Anst v. E. Giltsch, Jena.